VÄRMEFORSK
STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING

Sekundär bränsletillförsel till kol-pulverflamma för reducering av NO_x-emissionen

Lars Rudling

BRÄNSLETEKNIK 324

Sekundär bränsletillförsel till kolpulverflamma för reducering av NO_X-emissionen

Lars Rudling, Studsvik AB

STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING
BOX 6405 · 113 82 STOCKHOLM · TEL. 08/34 09 80
November 1988
ISSN 0282-3772

88-04-20 EP-88/20

SEKUNDÄR BRÄNSLETILLFÖRSEL TILL KOLPULVER-FLAMMA FÖR REDUCERING AV NO_x-EMISSIONEN

Lars Rudling

Nikolas Berge

3499

HUVUDINNEHÅLL

I rapporten redovisas olika sekundärbränslens NO_x-reduktionseffekt vid kolpulvereldning. NO_x-reduktionen som funktion av uppehållstid och temperatur har speciellt studerats.

ABSTRACT

The efficiency of different reburning fuels during combustion of pulverized coal has been investigated. The NO_x reduction as a function of residence time and temperature in the reburning zone was also investigated.

The experiments were carried out in an experimental furnace with the dimensions ø 0.3 meter and length 4.0 meter. As primary fuel pulverized coal (10 kg/h) with a nitrogen content of 1.4 % N (dry weight basis) was used. As reburning fuel the following fuels were investigated

- prophane
- light fuel oil (0.2 % N)
- pulverized wood (0.3 % N d.w.b.)
- pulverized coal (1.3 % N d.w.b.).

Reburning with prophane gave the lowest NO_x-emission, 75 mg NO_x/MJ. The other investigated reburning fuels gave a NO_x-emission of 100 mg NO_x/MJ. Decreasing the residence time in the reburning zone from 1 second to 0.5 seconds increased the NO_x-emission 25-50 %. An increased temperature in the reburning zone, from 1100-1200°C to 1300-1400°C, gave consistently a decreased NO_x-emission. The temperature in the post combustion zone did not influence the NO_x-emission to any measurable extent. Reburning with pulverized coal gave a lower degree of burnout of the fly ash, compared to reburning with pulverized wood.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

		Sid
0	SAMMANFATTNING	4
0.1	Målsättning - försöksuppläggning	4
0.2	Resultat	5
1	FÖRSÖKSUPPLÄGGNING - MÅLSÄTTNING	6
2	EXPERIMENTELLT GENOMFÖRANDE	8
2.1	Försökssystem	8
2.2	Mätutrustning och analysmetoder	10
2.3	Försöksutförande	12
2.4	Bränsledata	13
2.5	Beräkningar och definitioner	14
3	RESULTAT	17
3.1	Reburning med propan	18
3.2	Reburning med lättolja	19
3.3	Träpulver	20
3.4	Kolpulver	21
4	DISKUSSION	22
REFERENSER		28

0 SAMMANFATTNING

0.1 Målsättning - försöksuppläggning

I en serie olika förbränningsförsök har olika bränslens NO_x-reduktionspotential som reburning-bränsle undersökts. NO_x-reduktionen som funktion av uppehållstid och temperatur i reburningzonen har därvid speciellt studerats.

Förbränningsförsöken utfördes i en vertikalugn med inre diametern 0.3 m. Som primärbränsle tillfördes en konstant mängd kolpulver 10.5 kg/h via en "premix"-brännare. Vid försöken varierades stökiometrin i den primära förbränningszonen (SR1) respektive den sekundära förbränningszonen - reburningzonen (SR2) - genom att variera primärluftflöde respektive reburningbränsleflöde. Slutförbränningen skedde i en tredje zon i vilken sekundärluft tillfördes (luftfaktor 1.2-1.3).

Temperatur och uppehållstid i reburningzonen varierades genom insättning av vattenkylda rör i reburningzonen, respektive tillförsel av sekundärluft på olika nivåer i ugnen.

Nedanstående "reburningbränslen" undersöktes

- propangasol
- lättolja
- träpulver
- kolpulver.

0.2 Resultat

Försöken visar att den bästa NO_x-reduktionen erhölls med propangasol i vilket fall en NO_x-emission på 75 mg NO_x/MJ erhölls*. Med övriga reburningbränslen erhölls en NO_x-emission på ca 100 mg NO_x/MJ. Om detta jämförs med den NO_x-emission som erhölls utan reburning eller stegvis lufttillförsel, vilken var 400 mg NO_x/MJ, motsvarar erhållna resultat en NO_x-reduktion på 75-80 %.

En sänkning av uppehållstiden från 1 sekund till 0.5 sekunder gav, vid både hög - 1300-1400^{o}C - och låg temperatur i reburningzonen 1100-1200^{o}C, en förhöjning av NO_x-emissionen med 25-50 %.

En höjning av temperaturen i reburningzonen gav genomgående en förbättrad NO_x-reduktion. Temperaturen i slutförbränningszonen hade ingen eller endast marginell betydelse för NO_x-emissionen.

Vid reburning med kolpulver erhölls en sämre utbränning i flygaskan (i rökgas efter konvektionsdel), 75 % askhalt, jämfört med övriga reburningbränslen då askhalten i flygaskan var 94 %.

För att uppnå en NO_x-emission på ca 100 mg NO_x/MJ visar försöken att en temperatur i reburningzonen på ca 1300-1350^{o}C och en uppehållstid på 0.7-1 sekund erfordras. Det bör poängteras att i det använda försökssystemet rådde bra betingelser för en god inblandning av reburningbränslet i förbränningsgaserna.

---

* Givna data baserar sig på analys av kvävemonoxid som omräknats till mg NO_2/MJ.

1 FÖRSÖKSUPPLÄGGNING - MÅLSÄTTNING

Försökens målsättning har varit att undersöka olika bränslens NO_x-reduktionspotential som reburningbränsle vid kolpulvereldning. Därvid har speciellt reburningzonens temperatur och uppehållstidens betydelse för NO_x-reduktionen studerats. De olika reburningbränslen som undersökts är följande:

- propangasol
- lättolja
- träpulver
- kolpulver.

De experimentella försöken utfördes i en vertikalugn med en inre diameter på 0.3 m. En principiell uppbyggnad av försökssystemet redovisas i Figurbilaga 1.

Ugnen indelades i tre funktionella reaktionszoner:

Reaktionszon I	Primär förbränningszon med tillförsel av förblandat primärbränsle och (10.5 kg kolpulver/h) primärluft.
Reaktionszon II	Reburningzon: tillförsel av sekundärbränsle.
Reaktionszon III	Slutförbränningszon med tillförsel av sekundärluft.

I toppen på vertikalugnen fanns kolpulverbrännaren. Den var av s k premixtyp där bränsle och luft förblandas och där blandningskammaren separeras från förbränningszonen med ett kylt tubgitter.

Vid försöken som utfördes med en konstant primärbränsleeffekt, varierades typ och tillförd mängd av reburningbränsle. Temperatur och uppehållstid i reburningzonen varierades genom insättning av kylslingor i reburningzonen respektive tillförsel av sekundärluft på olika avstånd från platsen för tillförsel av reburning-bränsle.

I försöken undersöktes NO_x-emissionen som funktion av SR1, SR2, temperatur och uppehålls-tid i reburningzon.

2 EXPERIMENTELLT GENOMFÖRANDE

2.1 Försökssystem

Försöken utfördes i en experimentugn med en principiell utformning enligt Figurbilaga 1. Den första vertikala delen av ugnen hade en längd på 4.0 meter och var uppbyggd av 10 sektioner. Efter denna första vertikala del hade ugnen en horisontell sektion med längden 1.3 m och inre diametern 0.2 m, följt av en horisontell sektion med längden 0.55 m. Därefter följde en konvektionsdel med vattenkylda tuber. För att kunna uppnå de temperaturnivåer som erhålles i praktisk drift, var ugnen okyld och väl isolerad i samtliga sektioner utom i sektion 4, som var vattenkyld.

Ugnens tre översta sektioner var inklädda med hårdkeramikringar (tjocklek = 30 mm). Dessa var isolerade med cerafiltisolering 50 mm och rockwool 200 mm.

Den fjärde sektionen med vattenkylda väggar, var isolerad med en 25 mm tjock cerafiltmatta, för att undvika en för kraftig kylning av gasen. Övriga sektioner var helt okylda och isolerade med cerafilt och rockwool. Kylningen i sektion 4 sänkte gastemperaturen med ca 100^{o}C. Skälet till att denna kylare insattes, var att reducera de problem med slaggpåslag som erhölls vid höga ugnstemperaturer.

För att få en avgränsning mellan den primära förbränningszonen och reburningzonen hade sektion 5 försetts med en strypning - diameter = 130 mm - och konformade in- och utlopp.

Reburningbränslet tillfördes radiellt i centrum av sektion 5 med hjälp av en lans. Genom att sektionen var strypt erhölls en turbulent inblandning av sekundärbränslet.

För att kunna variera temperaturen i reburningzonen användes löstagbara vattenkylare som kunde monteras i reburningzonen. Vattenkylaren var gjord av rör med en ytterdiameter på 12 mm. Kylrörets längd i ugnen var 1.1 m. Röret var ihoprullat till en plan spiral med ytterdiametern 190 mm. Mellan varje spiralvarv fanns en spalt på ca 15 mm för fri genomströmning av gas. Kylarna monterades horisontellt i reburningzonen (sektion 6 respektive 9).

För att skilja av slagg är ugnens bottensektion försedd med en vattenfylld asklåda.

Varje ugnssektion var på halva höjden försedd med 2 st diametralt placerade provtagningshål.

I toppen på ugnen hade en premix-brännare monterats, Figurbilaga 2. För att undvika bakförbränning i brännaren, var blandningskammarens utlopp försett med ett "gitter" bestående av vattenkylda rör. Brännaren var också försedd med en vibrator för att eliminera påslag av kolpulver på gittret. Skälet till att en förblandad flamma användes vid försöken, var att man ville uppnå definierade och konstanta förbränningsbetingelser i den primära förbränningszonen.

Primärbränslet, polskt kolpulver med en kvävehalt på 1.3 %, doserades till brännaren med hjälp av skruvmatare (10.5 kg/h). Bränslet

transporterades pneumatiskt till brännaren med hjälp av tryckluft 12-14 nm^3/h.

De olika sekundärbränslena doserades i centrum av sektion 5.

Sekundärbränslepulver doserades med en dubbelskruv och blåstes sedan in i sektion 5 med hjälp av kvävegas, 4 nm^3/h. Den använda lansen hade en inre diameter på 16 mm. Propangasol tillfördes med en lans som hade en utloppsdiameter på 1.5 mm.

Vid reburningförsöken med olja doserades denna genom ett oljemunstycke (0.5 gallon/h).

Som förbränningsluft användes tryckluft som tillfördes via rotametrar (50-80 nm^3/h). Den tillförda luften hade en temperatur på 16-19^oC.

Rökgaserna sögs ut med hjälp av en rökgasfläkt. För att undvika läckage av luft in i ugnen reglerades trycket i den med hjälp av ett rökgasspjäll till ca +1 mm v_p i sektion 10.

Sekundärluften tillfördes med en lans i centrum av respektive sektion. Lansen hade tre stycken utblåsningsöppningar (ø 10 mm), varav två stycken var riktade horisontellt och en vertikalt nedåt. Lansen var gjord i 1.5 mm tjockt gods och var ej vattenkyld, på så sätt erhölls en förvärmning av sekundärluften.

2.2 Mätutrustning och analysmetoder

Doseringsutrustningarna för primär och sekundär pulverbränslen kalibrerades gravimetriskt. Oljan

doserades med hjälp av en rotameter som kalibrerades gravimetriskt. Propangasflödet doserades med hjälp av rotameter som kalibrerats med gasmätare.

Primär- respektive sekundärluft reglerades med hjälp av ventiler och konstanttrycksregulator. Flödena mättes med rotameter som kalibrerats med en normerad venturi respektive gasmätare.

För uppmätning av temperaturen i ugnens olika sektioner hade denna försetts med fast monterade termoelement typ B i keramikvägg (2 mm instick) och i rökgasstråk. Termoelementsignaler insamlades tillsammans med övriga instrumentsignaler i en datalogger (µmac -5000 Analog Devices).

Provtagning för gasanalys skedde genom utsug av rökgas med en vatten- eller luftkyld sond. Rökgasen filtrerades därefter genom ett uppvärmt filter (typ Metlab kvartsplanfilter) varefter rökgasen torkades i en glaskylare. Den torra rökgasen analyserades i ett CO/CO_2-analysinstrument typ Binos. Kvävemonoxid analyserades med ett UV-instrument typ Radas 1G, Hartman o Braun.

Analyserade kvävemonoxidhalter har omräknats till mg NO_x (NO_2)/MJ bränsleeffekt. Det bör poängteras att kvävedioxid har ej analyserats. Erfarenhetsmässigt är andelen kvävedioxid av summa ($NO+NO_2$) 8-10 %. Detta innebär att angivna NO_x-emissionsdata är behäftade med ett systematiskt fel, sannolikt maximalt 10 % för låga. Osäkerheten i själva NO-mätningen uppskattas till ±8 %.

Analys av totalkolväte skedde med en flamjonisationsdetektor (Ratfisch).

Provtagning av stoft utfördes med hjälp av en vatten/luftkyld sond försedd med membranfilter (Millipore 5.0 µm polyacetatfilter).

2.3 Försöksutförande

För att uppnå stabila försöksbetingelser uppeldades ugnen i 5-6 timmar innan varje försöksomgång inleddes. Temperaturen i den primära förbränningszonen (reaktionszon I) var vid försökens genomförande ca 1450°C (sektion 3). Den primära förbränningszonen had en längd på 1.8 m och en volym på ca 100 l, (sektionselement 1-4, se Figurbilaga 1).

Uppehållstiden i reburningzonen, sektionselement 5-10, varierades genom att ändra plats för sekundärlufttillförsel som skedde i endera av sektionerna 7-10. Vid tillförsel av sekundärluft i sektion 10 skedde detta i inloppet till sektion 11 (det horisontella röret).

Temperaturen i reburningzonen var i normalfallet utan extra kylning ca 1350-1400°C. Genom insättning av extra kylslingor i sektion 6 kunde temperaturen i reburningzonen varieras mellan 1000-1250°C.

Reburningzonen hade vid tillsättning av sekundärluft i sektionselement 10 (inlopp sektion 11) en maximal volym på ca 140 l. Vid de försöksbetingelser som användes motsvarar detta en uppehållstid i reburningzonen på ca 1 sekund.

Slutförbränningszonen hade en minsta (sekluft i sektion 10) ugnsvolym på ca 100 l innan gasen kyldes i konvektionsdelen. Temperaturen i slutförbränningszonen var 1150-1300°C i normalfallet utan extra kylning i reburningzonen.

Rökgastemperaturen efter konvektionsdelen var 400-500°C.

Vid genomförandet av försöken tillfördes en konstant bränslemängd, 10.5 kg kolpulver/h, till den primära reaktionszonen. Stökiometriförhållandet i den primära reaktionszonen, SR1, varierades mellan 1.2 och 0.9 med hjälp av primärluftflödet. Stökiometriförhållandet i reburningzonen, SR2, varierades mellan 0.7-1.0 med reburningbränsleflödet. Det stökiometriska förhållandet i slutförbränningsdelen (reaktionszon III), SR3, varierades med hjälp av sekundärluftflödet. I huvuddelen av försöken användes ett konstant luftöverskott SR3 = 1.2-1.3 i reaktionszon III.

Efter varje förändring av någon driftparameter inväntades stabila driftsdata - CO_2, CO och NO - varefter försöksdata registrerades.

2.4 Bränsledata

Analysdata för de olika bränslena redovisas i Tabell 1-4. Kolpulvret (Nycol) som användes var av polskt ursprung och hade en kvävehalt på 1.3 %. Träpulvret (Nycol) hade en kvävehalt på 0.3 %. Propangasolen som användes var vanlig handelsvara. Oljan som användes var av typ EO-1 och hade en kvävehalt på 0.2 %. Partikelstorleksfördelning hos de olika pulverbränslena redovisas i Tabellbilaga 4.

2.5 Beräkningar och definitioner

Med utgångspunkt från de olika bränslenas elementaranalyser beräknades teoretiskt luftbehov och rökgasvolym, Tabellbilaga 4. Med utgångspunkt från dessa data och de olika uppmätta massflödena beräknades stökiometrin i de olika reaktionszonerna enligt nedan.

LF = luftfaktor beräknad från gasanalys av CO_2 i rökgas

SR1 (ber fr massflöde) = stökiometrisk kvot i respektive reaktionszon = tillförd luftmängd/ teoretiskt luftbehov

l_o' = teoretiskt luftbehov, primärbränsle nm^3 tg/kg

l_o'' = teoretiskt luftbehov, sekundärbränsle nm^3 tg/kg

g_o' = teoretisk rökgasmängd, primärbränsle nm^3 tg/kg

g_o'' = teoretisk rökgasmängd, sekundärbränsle nm^3 tg/kg

m' = massflöde, primärbränsle kg/h

m'' = massflöde sekundärbränsle kg/h

Q_{l_o}''' = total teoretisk luftmängd vid bränsleflödet m' och m''

Q_{g_o}''' = total teoretisk rökgasmängd vid bränsleflödet m' och m''

SR1 = $L1/l_o' \cdot m'$

L1 = total luftmängd tillförd reaktionszon I = transportluft (nm^3/h) + primluft (nm^3/h)

SR2 = $L1/l_o' \cdot m' + l_o'' \cdot m''$

SR3 = $L2/l_o' \cdot m' + l_o'' \cdot m''$

L2 = totalt tillförd luftmängd = L1 + sekundärluft (nm^3/h)

NO_x mg/MJ = den beräknade mängd NO_2 i mg/MJ, som motsvarar den registrerade NO-halten.

Beräkning av luftfaktorn (LF) med utgångspunkt från rökgasanalysen har gjorts enligt nedan utifrån analys av koldioxidhalten

Anm Den verkliga NO_x-halten är något högre beroende på att förekommande NO_2 ej registreras vid försöken.

$$LF = 1 + \left(\frac{CO_2 max}{CO_2 \text{ (uppmätt)}} - 1\right) \cdot \frac{Q_{g_o}'''}{Q_{l_o}'''},$$

$$Q_{l_o}''' = l_o' \cdot m' + l_o'' + m''$$

$$Q_{g_o}''' = g_o' \cdot m' + g_o'' \cdot m''$$

$$CO_2 \text{ max} = \frac{(C_{pbr} \cdot m' + C_{sbr} \cdot m'') \cdot 1.853}{Q_{g_o}''' + Q_N} \cdot 100$$

C_{pbr} = kg C/kg primärbränsle

C_{sbr} = kg C/kg sekundärbränsle

Q_N = transportgasflöde sekundärbränsle.

För att kunna jämföra mätdata uppmätta vid olika luftöverskott har samtliga gasanalysdata normerats till 0 % syreöverskott, dvs LF = 1.0.

Angivna data för NO_x-emission uttryckt som mg NO_x/MJ, avser mg NO_2 per MJ tillförd bränsle-energi.

Vid en jämförelse av NO_x-emissionen som funktion av SR1 och SR2, har endast försöksdata med en god slutförbränning - låga CO-halter (som regel <100 ppm) - medtagits.

Uppmätning av NO_x-reduktionsgrad vid olika primära NO-halter

För att få ett mått på NO_x-reduktionen vid högre NO-halter än vad som erhölls med det använda kolet, doserades periodvis ett känt volymflöde av kvävemonoxid (95.6 l/h) från en gastub till sektion 5 (inlopp reaktionszon II). Samtidigt analyserades NO_x-halten och övriga rökgasparametrar i utgående rökgas från konvektionsdelen.

3 RESULTAT

En sammanställning av samtliga försöksresultat redovisas i Tabellbilaga 5-9. Angivna NO_x-värden baserar sig på analys av kvävemonoxid. Den analyserade halten kvävemonoxid har omräknats till mg NO_2/MJ. Kvävedioxid har ej analyserats. Andelen kvävedioxid i rökgas är dock erfarenhetsmässigt mycket låg, ≤ 8-10 %, av totala NO_x-mängden.

Resultat som redovisas i figurbilagor hänför sig till en uppehållstid på 1 sekund i reburningzonen såvida ej annat anges. Redovisade emissionsdata på NO_x-emissioner hänför sig till analys av rökgas efter konvektionsdel såvida ej annat anges.

Analys av totalkolvätehalten i utgående rökgas efter konvektionsdelen visade att denna var mindre än 10 ppm CH_4 ekvivalenter i alla reburningförsök. Dessa mätdata har därför ej inkluderats i Tabell 5-9.

Undersökning av NO_x-emissionen på olika avstånd från brännaren utan tillsats av reburningbränsle redovisas i Figurbilaga 3. Resultaten visar att i sektion 5 (1.8 m från brännaren), i vilken reburningbränsle tillsattes -, var NO_x-halten 1000 ppm NO (omräknat till 0 % luftöverskott, LF = 1) respektive 500 mg NO_x/MJ vid en primärzonstökiometri på 1.2. Vid en primärzonstökiometri på 1.0 erhölls en NO_x-halt i sektion 5 på 800 ppm NO (LF = 1) respektive 400 mg NO_x/MJ.

Vid en primärzonstökiometri på 1.15 och ingen tillförsel av reburningbränsle, dvs SR2 och SR3 = 1.15, erhölls en utgående NO_x-halt efter konvektionsdelen på 400 mg NO_x/MJ. Detta värde representerar således den lägsta NO_x-emission

man kan uppnå med det system och bränsle som användes, utan användning av reburning eller stegvis lufttillförsel.

3.1 Reburning med propan

NO_x-emission som funktion av SR2 (stökiometrisk ratio i reburningzon = tillsatt luftmängd/teoretiskt erforderlig luftmängd) versus olika SR1 (stökiometrisk ratio i primärzon) redovisas i Figurbilaga 4. Den lägsta NO_x-emissionen erhölls vid SR1 = 1.15 och SR2 = 0.77, då NO_x-emissionen var 77 mg NO_x/MJ.

NO_x-emission som funktion av uppehållstid redovisas i Figurbilaga 5. En sänkning av uppehållstiden från 1 sekund till 0.5 sekunder (tillsättning av sekundärluft i sektionselement 10 respektive 8) gav en förhöjning av NO_x-emissionen med ca 50 %.

NO_x-emission vid olika temperatur i reburningzonen redovisas i Figurbilaga 6. En vattenkyld slinga var inlagd i övre delen av sektion 6. Resultaten visar att en sänkning av temperaturen i reburningzonen gav för samtliga undersökta stökiometrier en förhöjd NO_x-emission. En sänkning av temperaturen från 1420°C till 1280°C gav i t ex ett fall en förhöjning från 90 till 118 mg NO_x/MJ.

Kylning av sekundärförbränningszonen (vattenkyld slinga i nedre delen av sektion 9) från ca 1050 till 950°C gav ingen eller endast liten påverkan på NO_x-emissionen.

En jämförelse av NO-halten analyserad i sektion 10 - reburningzonens utlopp - med NO-halten analyserad

efter slutförbränningszonen/konvektionsdelen visas nedan.

	SR1	SR2	NO_x mg/MJ
Analys i reburningzonens utlopp (sektion 10)	1.02	0.8	110
Analys efter slutförbränningszon	1.02	0.8	91

Resultaten visar att endast en marginell NO_x-reduktion sker i sektion 10-14.

3.2 Reburning med lättolja

NO_x-emission som funktion av SR2 vid olika SR1 redovisas i Figurbilaga 7. Som lägst erhölls en NO_x-emission på ca 100 mg NO_x/MJ.

NO_x-emission som funktion av olika uppehållstid och temperatur redovisas i Figurbilaga 8 och 9. En reduktion av uppehållstiden från 1 till 0.5 sekunder ger en väsentligt försämrad NO_x-reduktion. För att uppnå en NO_x-emissionsnivå på 100 mg NO_x/MJ erfordrades en uppehållstid på minst 0.7 sekunder.

För att reducera temperaturen i reburningzonen installerades en kylslinga i övre delen av sektion 6. Resultaten visar, Figurbilaga 9, att en sänkning av uppehållstid och temperatur ger en väsentlig försämring av NO_x-reduktionen.

Ytterligare kylning i sektion 9 förutom i sektion 6, vilket sänkte temperaturen i sektion 10 och 11 (slutförbränningszonen) från 1120 respektive 1240 till 975 respektive 1070^{o}C gav praktiskt taget ingen skillnad i NO_x-emission.

En fördubbling av den till reburningzonen ingående NO-halten genom tillförsel av NO i sektion 5 redovisas i Figurbilaga 10. Resultaten visar att samma eller t o m lägre utgående NO_x-halter erhålles trots en högre ingående NO-halt i reburningzonen. Motsvarande försök utförda vid en lägre temperatur i reburningzonen, 1200-1250°C istället för 1330-1380°C gav ej samma tendenser. I detta fall medförde en NO-tillsats en förhöjd NO_x-emission.

3.3 Träpulver

Reburning med träpulver som funktion av SR1 och SR2 redovisas i Figurbilaga 11. Som bäst erhölls en NO_x-emission på 90-100 mg NO_x/MJ.

NO_x-emission som funktion av uppehållstid i reburningzonen redovisas i Figurbilaga 12. Resultaten visar att en uppehållstid på 1 sekund erfordras om en NO_x-emissionsnivå på ca 100 mg NO_x/MJ skall uppnås.

I Figurbilaga 13 redovisas NO_x-emission vid olika temperatur i reburningzonen. I dessa försök kyldes i en försöksserie med en kylslinga i sektion 6 och i en annan försöksserie med två stycken kylslingor i sektion 6. En sänkning av temperaturen i reburningzonen från ca 1300°C till ca 1000°C gav t ex nästan en fördubbling av utgående NO_x-halter.

En jämförelse av NO-halten analyserad i sektion 10 - reburningzonens utlopp - med NO-halten efter slutförbränningszonen visas nedan:

	SR1	SR2	NO_x mg/MJ
Analys i reburningzonens utlopp sektion 10	1.0	0.85	78
Analys efter slutförbränningszonen			101

Undersökning av oförbränthalten i flygaska - analys av rökgasstoft uttaget efter konvektionsdelen -, visade en halt av oförbränt på 6 %, Tabell 5.

3.4 Kolpulver

I detta fall användes ett mer finkornigt kolpulver än själva primärbränslet (se avsnitt 2).

NO_x-emission som funktion av SR1 och SR2 redovisas i Figurbilaga 14. Resultaten visar att en NO_x-emission på 105 mg NO_x/MJ kan uppnås med kolpulver som reburningbränsle.

Undersökning av flygaskans utbränning - analys av rökgasstoft uttaget efter konvektionsdelen -, visade att flygaskan hade en oförbränthalt på 25 %, Tabell 5.

4 DISKUSSION

Försöksresultaten visar att av de använda olika reburningbränslena erhålles det bästa resultatet med propangasol i vilket fall en NO_x-emission på ca 75 mg NO_x/MJ kan uppnås. Med lättolja respektive träpulver som reburningbränsle erhölls en NO_x-emission på 90-100 mg NO_x/MJ. En jämförelse med den NO_x-emission som erhölls utan reburning eller stegvis lufttillförsel (SR1 = SR2 = SR3 = 1.15) som var 400 mg NO_x/MJ, visar att reburning kan ge en NO_x-reduktion i storleksordningen 75-80 %.

Reburning med kolpulver gav en oväntat god NO_x-reduktion - NO_x-emission 105 mg NO_x/MJ - trots den höga kvävehalten, 1.3 % N, i detta bränsle. Flygaskans utbränning var dock något sämre i detta fall, 75 %, vilket skall jämföras med ca 94 % som erhölls vid reburning med propan, lättolja och träpulver.

Den låga NO_x-emissionen vid reburning med propan i jämförelse med övriga bränslen beror sannolikt på den låga kvävehalten i propan. En bidragande orsak till de goda resultaten med propan kan också vara att temperaturen i reburningzonen var något högre än med de övriga reburningbränslena.

En sänkning av uppehållstiden i reburningzonen från 1 sekund till 0.5 sekunder gav en väsentligt försämrad NO_x-reduktion. Reburning med propan respektive olja, vid de stökiometriska betingelser som gav den lägsta NO_x-emissionen, gav ca 30-50 % högre NO_x-emissioner vid 0.5 sekunders uppehållstid i jämförelse med NO_x-emissionen vid 1 sekunds uppehållstid.

Med träpulver som reburningbränsle erhölls en tendens till något mindre skillnader mellan 1 respektive 0.5 sekunders uppehållstid i jämförelse med propan respektive olja. En sänkning av uppehållstiden till 0.5 sekunder gav i detta fall en höjning av NO_x-emissionen med 25 % vid den lägsta NO_x-emissionsnivån.

Detta skulle kunna bero på att träpulver har en längre utbränningstid och ger på så sätt en längre reducerad zon än t ex propan. Av försökstekniska skäl kunde inte uppehållstiden i reburningzonen förlängas till mer än 1 sekund. Vid tillämpning av reburning i praktiska situationer torde dock en uppehållstid längre än ca 1 sekund vara svårt att uppnå.

En jämförelse av uppehållstiden vid 1 respektive 0.7 och 0.5 sekunder visar emellertid att en ytterligare förlängning av uppehållstiden över 1 sekund skulle sannolikt endast ge små marginella förändringar.

En jämförelse av NO_x-emissionen vid olika temperaturer visade att för samtliga undersökta bränslen - propangasol, lättolja och träpulver - så erhölls en förhöjd NO_x-emission vid en temperatursänkning i reburningzonen. En temperaturreduktion från 1322°C till 1212°C vid reburning med olja gav en förhöjning av NO_x-emissionen med 34 % från 111 till 148 mg NO_x/MJ. Vid en temperatursänkning från 1312 till 1247°C erhölls en NO_x-förhöjning med 23 %.

Vid reburning med träpulver erhölls vid en temperatursänkning från 1321 till 1118°C en NO_x-emissionsförhöjning med 60 %.

Undersökning av NO_x-emissionen vid olika temperaturnivåer i den sekundära förbränningszonen, som i normalfallet var ca 1200-1300°C, visade att en sänkning av denna med ca 100°C ej påverkade NO_x-emissionen. Analys av NO-halten i reburningzonens sista del (sektion 10) och efter slutförbränningszonen visade också små skillnader.

Ovanstående resultat beträffande temperaturens betydelse i reburningzon respektive slutförbränningszon, är i samklang med de resultat som rapporterats av Greene m fl (1).

En genomgående tendens i försöken är att temperaturen i reburningzonen bör minst vara ca 1300-1350°C för att kunna uppnå de lägsta NO_x-emissionsnivåerna på ca 100 mg NO_x/MJ.

Vid reburning med propan, olja och träpulver erhålles i samtliga fall en god utbränning av flygaskan 90-95 % askhalt. Användning av kolpulver som reburningbränsle gav däremot högre halter oförbränt i flygaskan, 75 % askhalt.

Beträffande val av primärzon stökiometri kan konstateras att en användning av en lägre primärzonstökiometri än 1.0-1.1 behöver ej tillgripas för att uppnå en NO_x-emissionsnivå på 100 mg NO_x/MJ.

I de försök där en förhöjd kvävehalt i primärbränslet simulerats genom tillförsel av extra NO till sektion 5, varvid den till reburningzonen ingående NO-halten hade höjts från ca 800 ppm NO till ca 2000 ppm NO (LF = 1), visade att den procentuella NO-reduktionen i reburningzonen var minst lika god eller t o m bättre vid höga än

vid låga primär-NO halter (se nedanstående tabell).

Reburningbränsle	NO-halter efter konvektionsdel, ppm LF = 1 utan extra NO-tillsats	NO tillsatt i sektion 5
Gasol	190	400
Träpulver	220	360
Olja	230	~230

Speciellt anmärkningsvärt är den goda NO_x-reduktion som erhölls med olja som reburningbränsle. En förklaring till detta skulle kunna vara att oljans pyrolysprodukter har en katalyserande effekt på NO_x-reduktionen.

Innan en ytterligare tolkning av dessa resultat sker, bör dessa försöksresultat ytterligare verifieras.

En jämförelse med den tidigare gjorda undersökningen (2) visar att samma tendenser vad gäller propan respektive träpulvers effekt som reburningbränsle kunde konstateras, dvs att reburning med gasol gav ca 25 mg NO_x/MJ lägre NO_x-emissioner än träpulver. I den tidigare undersökningen erhölls däremot en relativt låg NO_x-emission trots att temperaturen i reburningzonen var relativt låg, 1100-1200^{o}C. Detta skulle kunna förklaras med att i den tidigare undersökningen användes en swirlbrännare med stegvis lufttillförsel i den primära förbränningszonen. Vid användning av denna brännare erhölls lägre utgående NO_x-halter från primärförbränningszonen än med premix-brännaren som användes i denna

undersökning. Vid SR1 = 1.0 erhölls efter primärförbränningszonen en utgående halt på 300 mg NO_x/MJ med swirlbrännaren respektive 400 mg NO_x/MJ med premixbrännaren. Det använda träpulvret hade också en lägre kvävehalt, 0.2 %, än träpulvret i denna undersökning som hade en kvävehalt på 0.3 % N.

Sammanfattningsvis kan konstateras att om en NO_x-emissionsnivå på ca 100 mg NO_x/MJ skall kunna uppnås måste både temperatur och uppehållstid kontrolleras. En minsta uppehållstid på 0.7-1 sekund och en temperatur på 1300-1350^{o}C erfordras. Även vid en relativt hög temperatur i reburningzonen - ca 1450^{o}C vid reburning med gasol - erhålles en väsentligt försämrad NO_x-reduktion vid 0.5 sekunders uppehållstid i jämförelse med 1 sekunds uppehållstid. Detta indikerar att även om temperaturen i reburningzonen kan hållas mycket hög, så erfordras även i detta fall en lång uppehållstid.

Dessa resultat stämmer väl överens med de resultat som erhållits vid liknande undersökningar, Greene m fl (1) och Miyamae m fl (3). Dessa fann att den primära sönderdelningen av NO till NH_3 och HCN är en snabb process. Den sekundära omvandlingen av dessa kväveföreningar till N_2 är däremot en betydligt långsammare process. Vid en för kort uppehållstid i reburningzonen kommer de primära nedbrytningsprodukterna - NH_3 och HCN -, att oxideras till NO istället för att reduceras till kvävgas.

Med kolpulver som reburningbränsle kunde trots dess höga kväveinnehåll en god NO_x-reduktion

erhållas. Utbränningen av flygaska var dock endast 75 %.

Temperaturen i slutförbränningszonen visade sig vara av mindre betydelse.

Det bör poängteras att i den använda försöks-utrustningen rådde goda betingelser för en god inblandning av reburningbränslet i förbrännings-gaserna.

Vid tillämpning av reburning i storskaliga system torde själva tekniken för tillförsel/-inblandning av reburningbränsle ha en stor betydelse. Detta medför att det är svårt att generalisera absoluta siffervärden i rapporten till storskaliga anläggningar och sätta emissionskrav med utgångspunkt från i denna rapport angivna NO_x-värden.

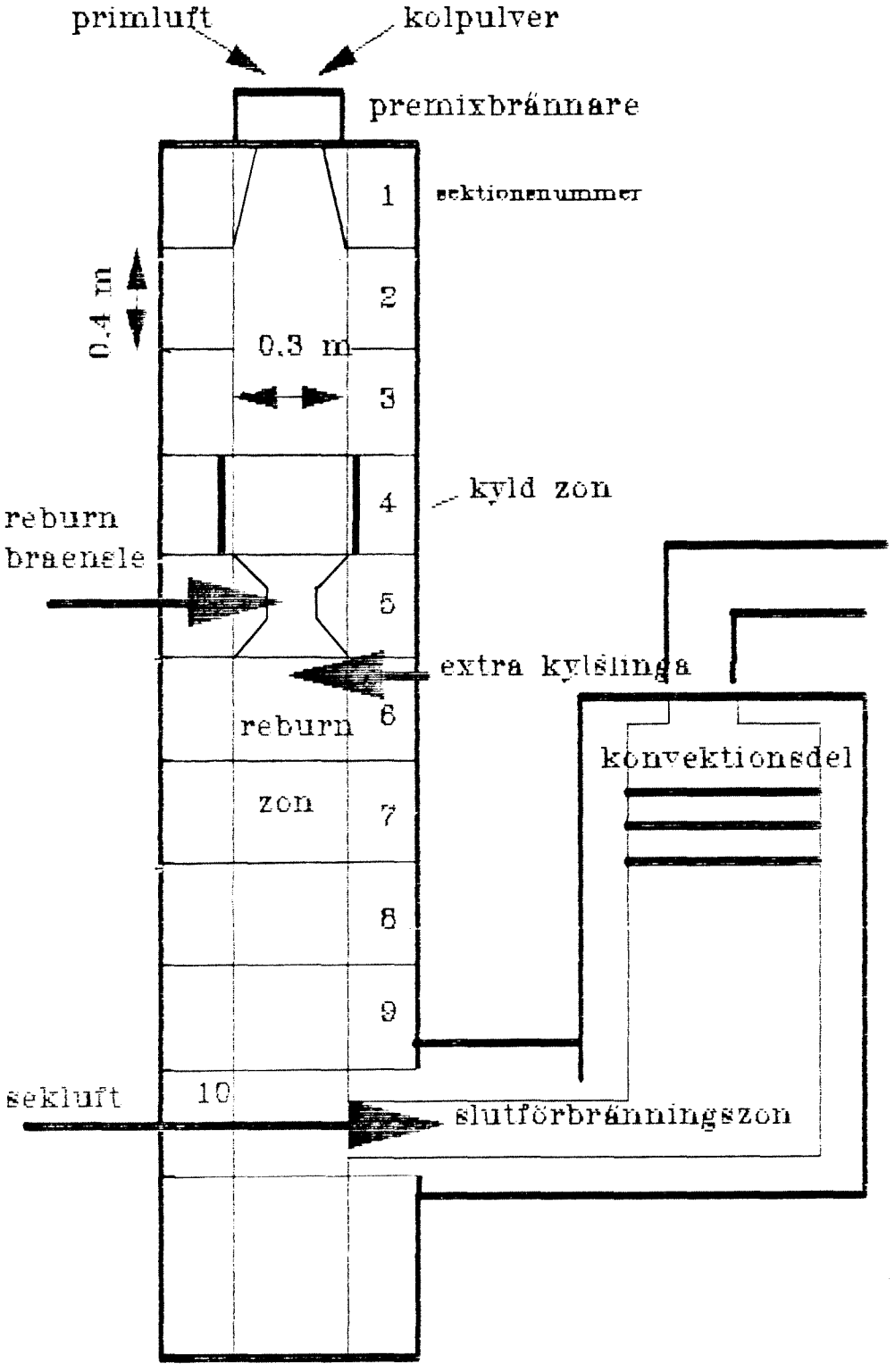
REFERENSER

1. GREENE, S B, CHEN, S L, CLARK, W D, HEAP, M P, PERSHING, D W, SEEKER, W R
Bench-scale process evaluation of reburning and sorbent injection for in-furnace NO_x/SO_x reduction.
EPA/600/7-85/012, (1985).

2. RUDLING, L
Sekundär tillförsel av trä- och torvpulver vid kolpulvereldning. En undersökning av inflytandet på NO_x-emissionen.
Stiftelsen för Värmeteknisk forskning, 279 (1987).

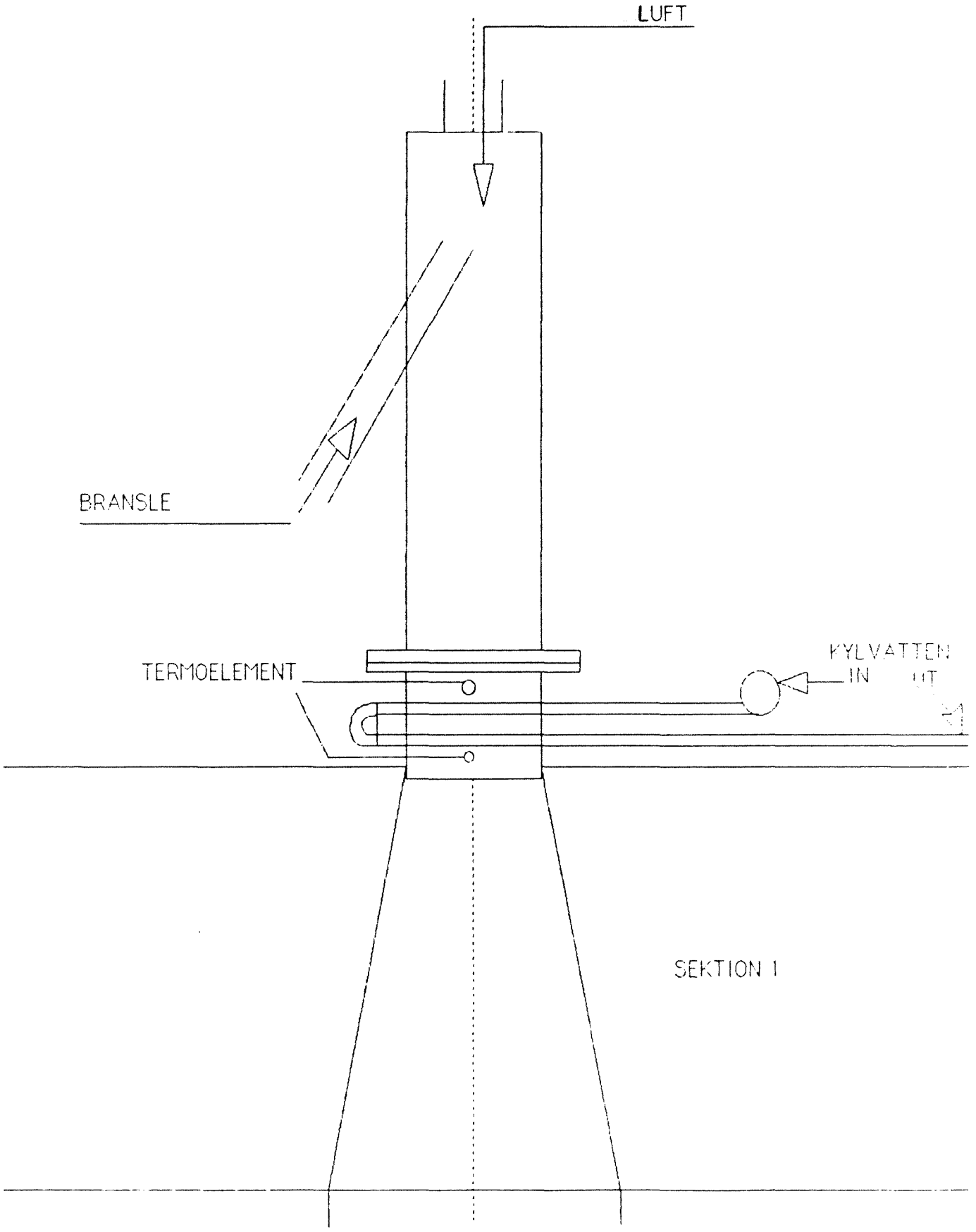
3. MIYAMAE, S, IKEBE, H, MAKINO, K
Evaluation of in-furnace NO_x-reduction.
Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co.

Figurbilaga 1. Principiell utformning av försökssystem.
General design of experimental equipment.



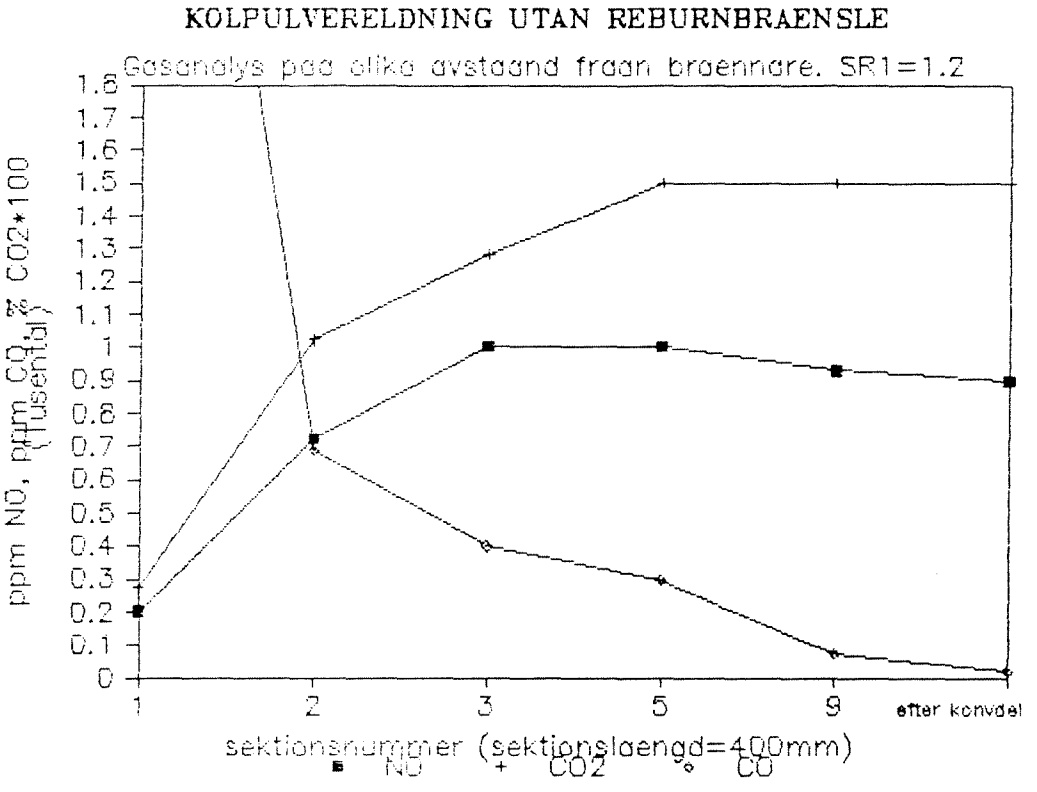
Figurbilaga 2

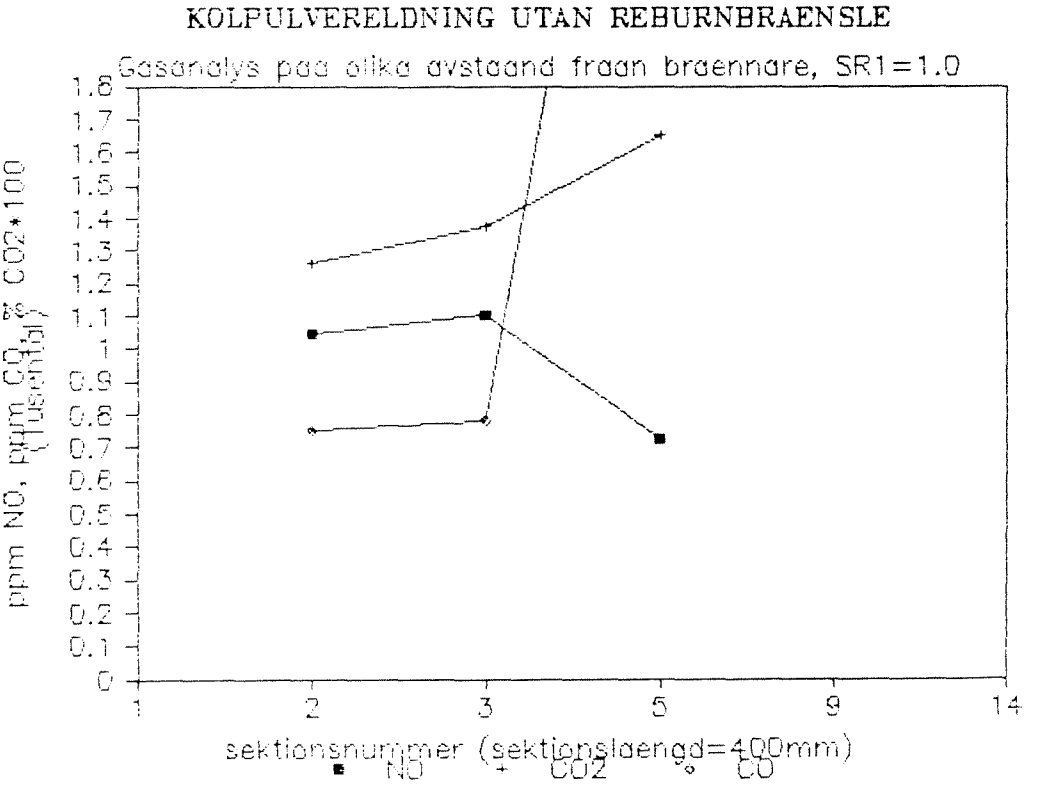
Figur på premix-brännare.
Premixed burner.



Figurbilaga 3

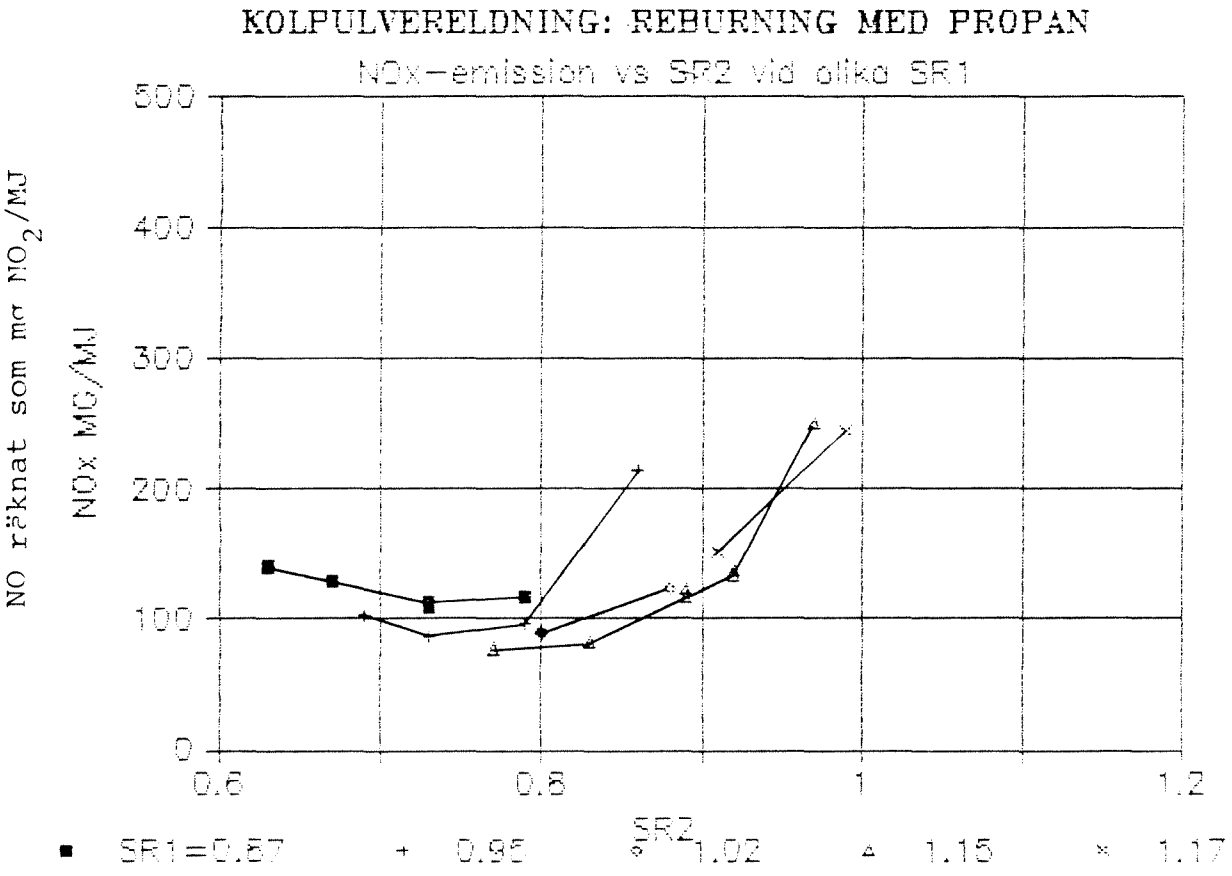
Combustion of pulverized coal without reburning fuel. Gas analysis at different distances from the burner.





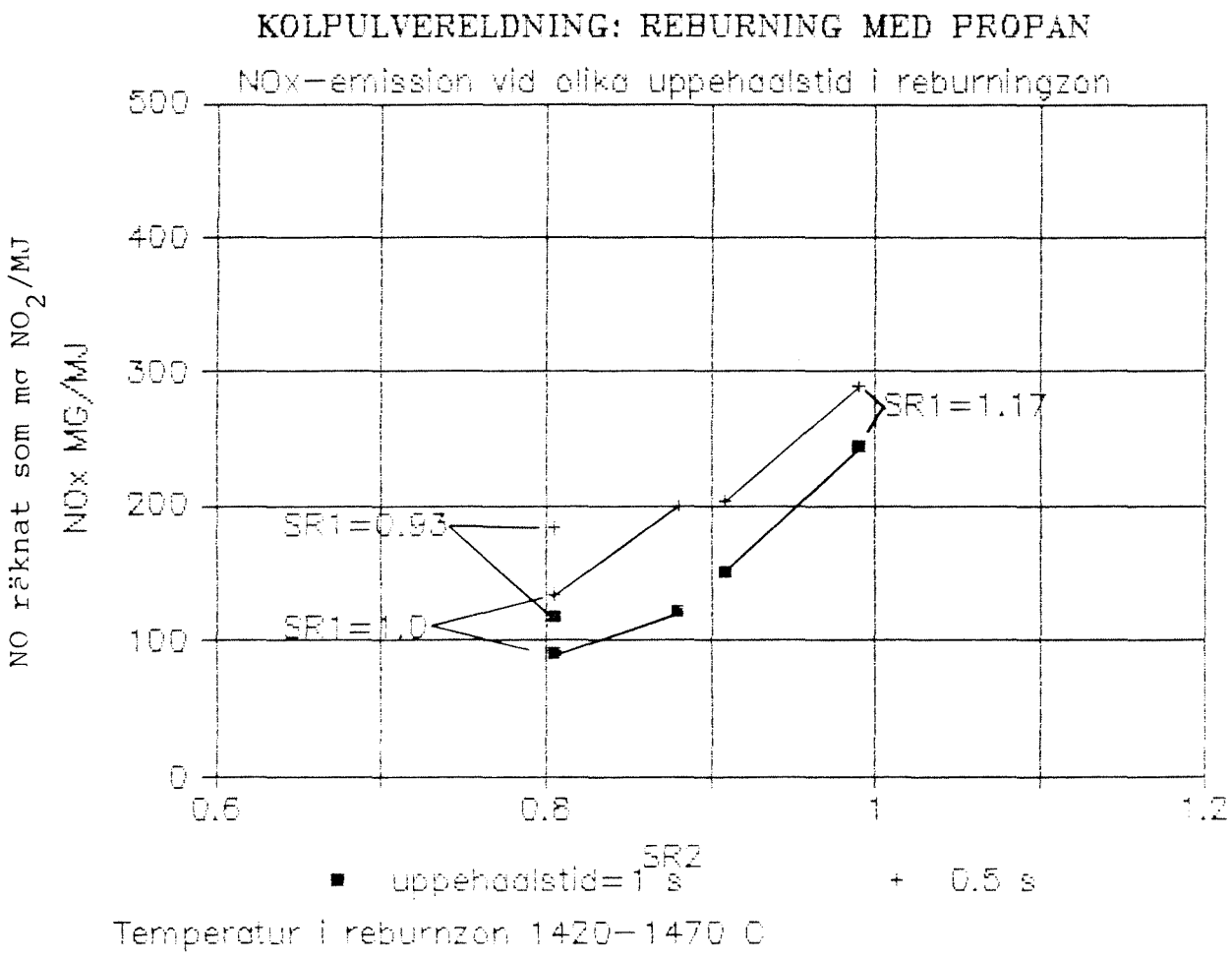
Figurbilaga 4

Combustion of pulverized coal and reburning with propane.



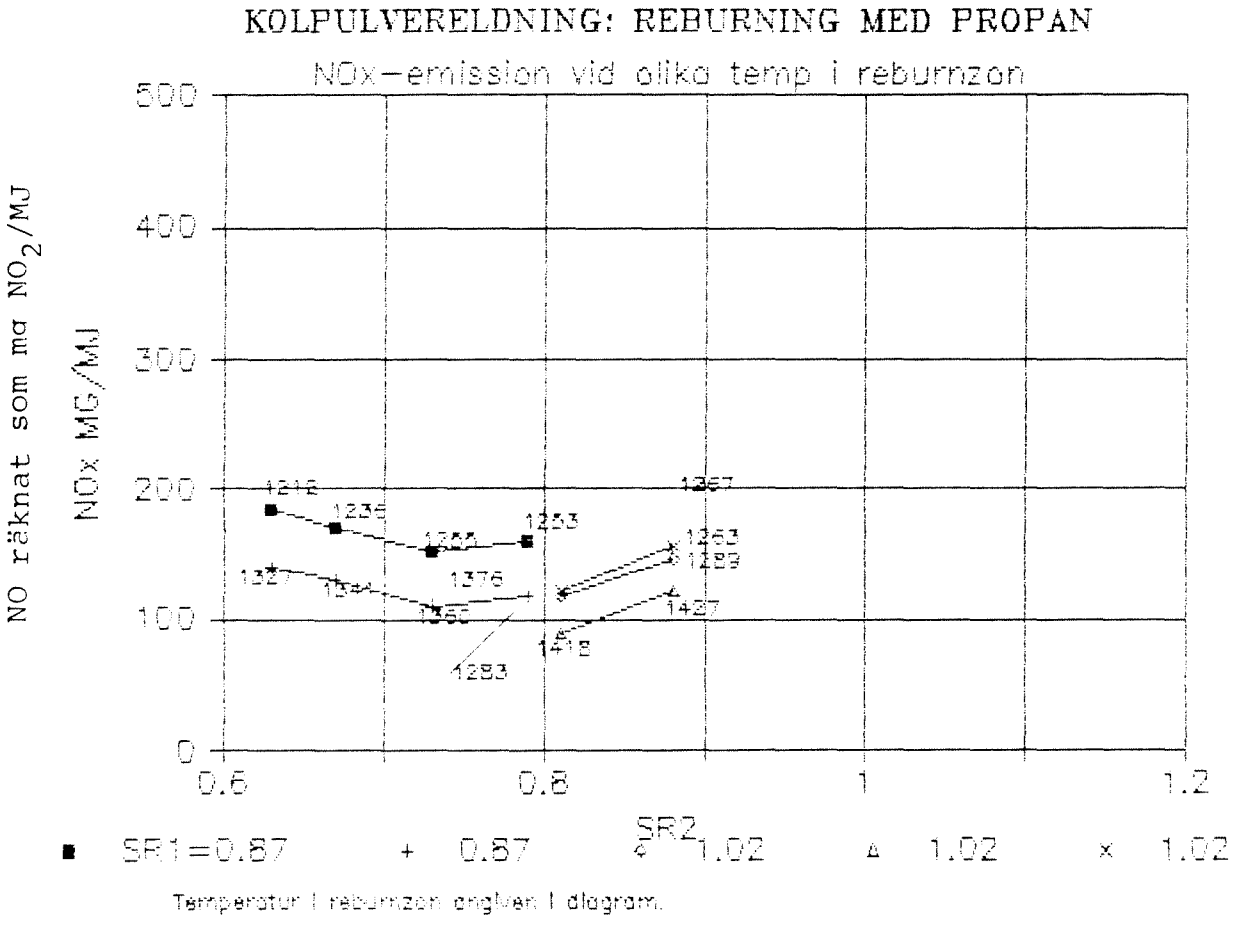
Figurbilaga 5

Combustion of pulverized coal and reburning with propane. NO_x-emission at different residence-times in the reburning zone.



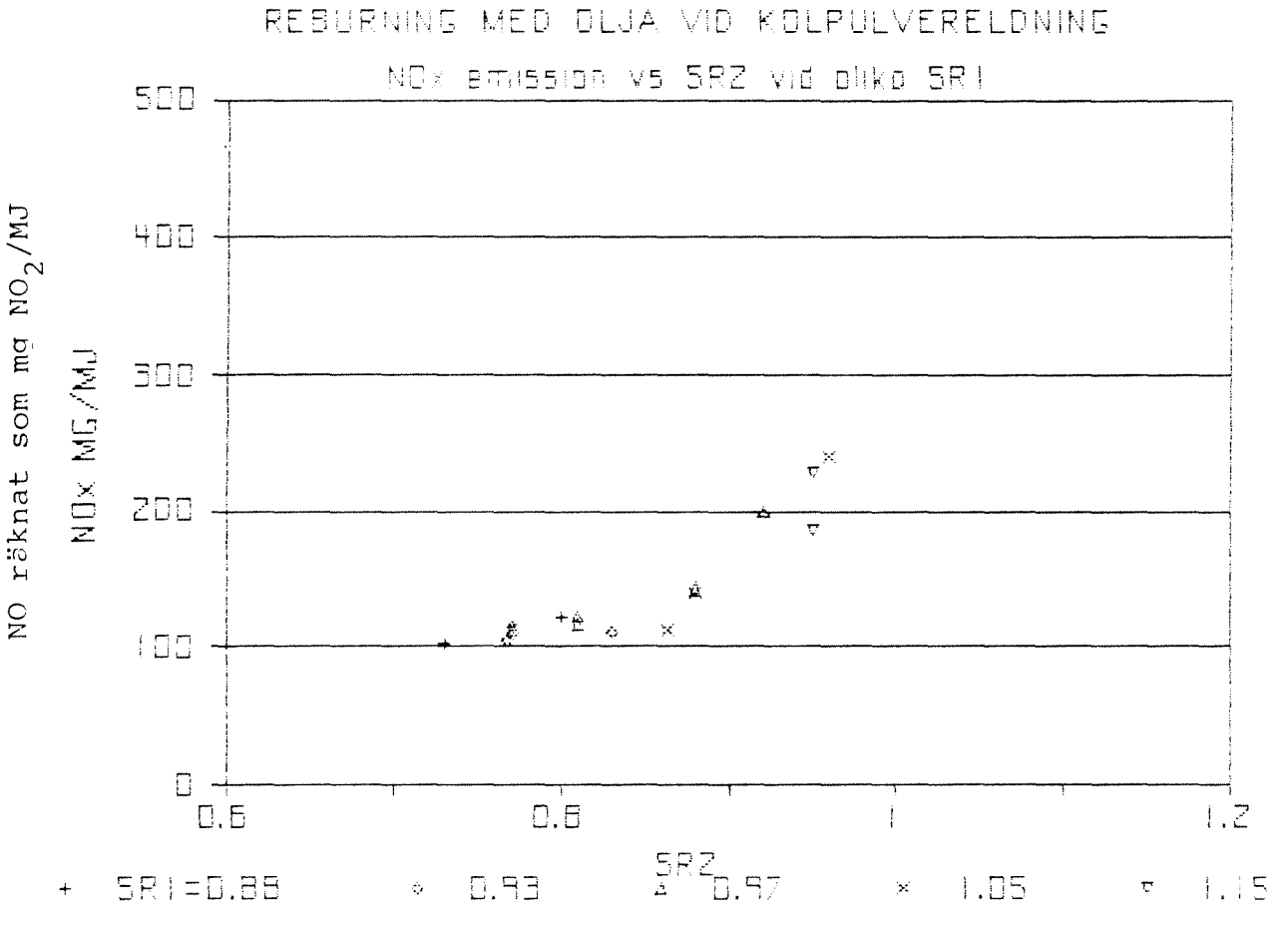
Figurbilaga 6

Combustion of pulverized coal and reburning with propane. NO_x-emission at different temperatures in the reburning zone. Residence time 1 second.



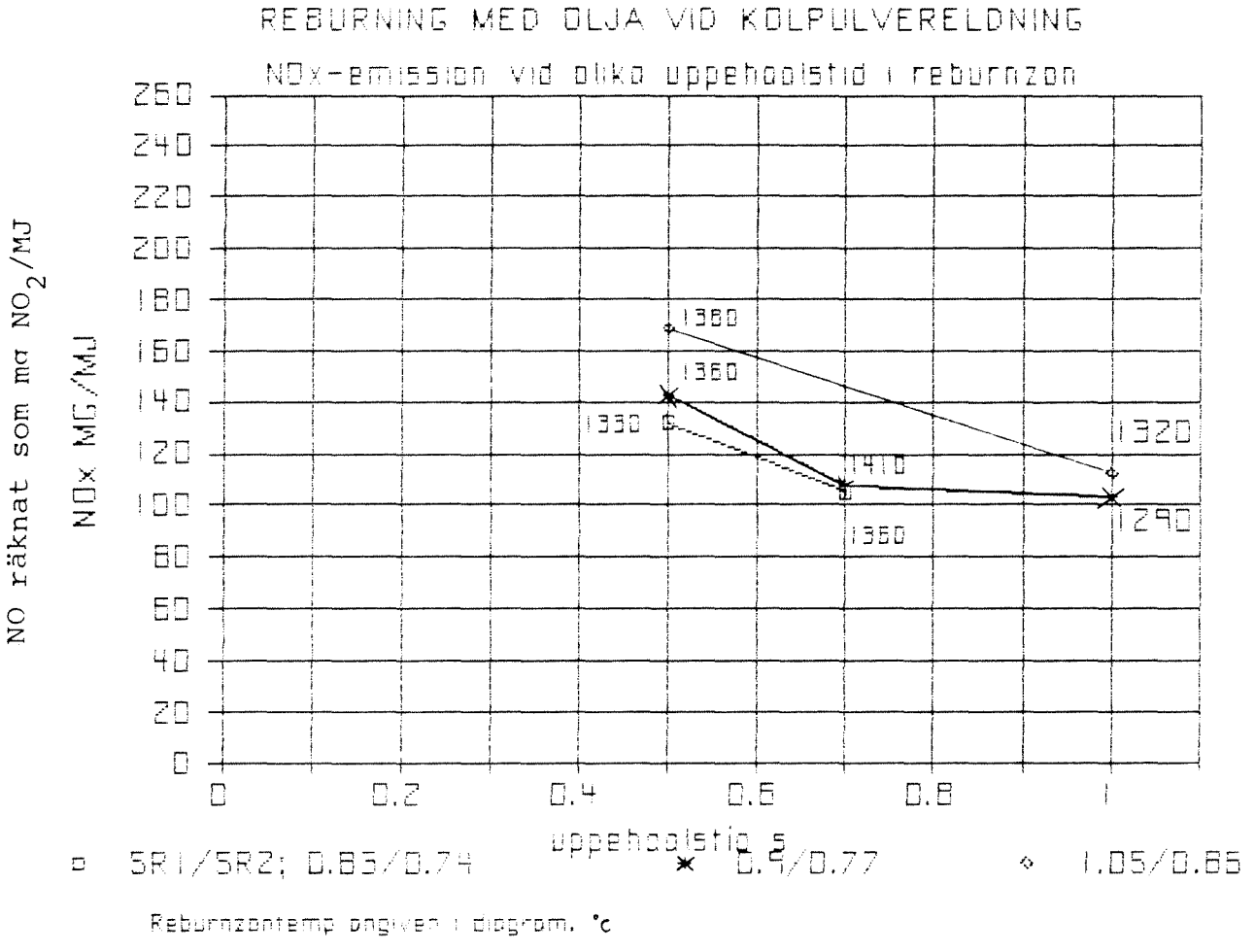
Figurbilaga 7

Combustion of pulverized coal and reburning with light oil.



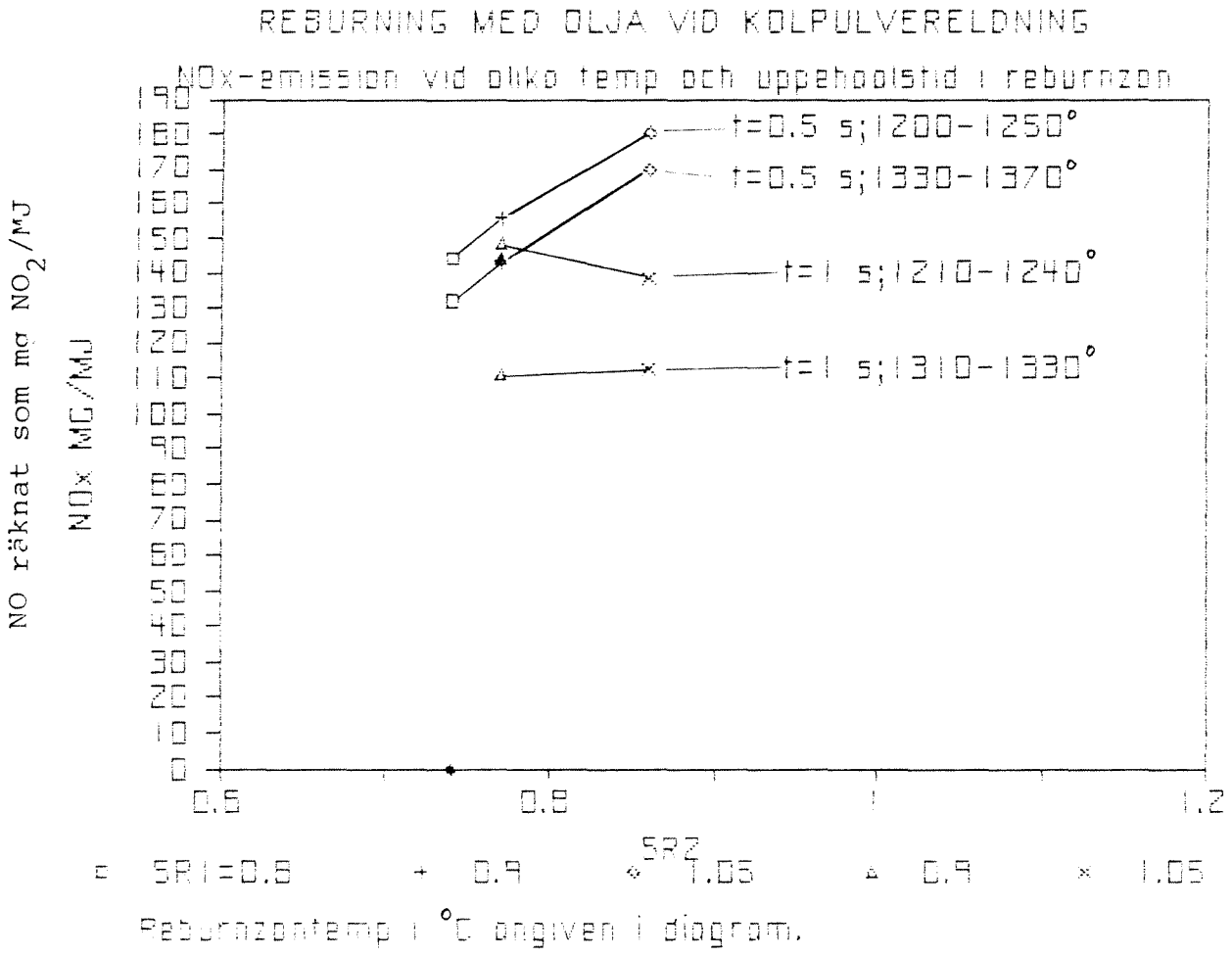
Figurbilaga 8

Combustion of pulverized coal and reburning with light oil. NO_x-emission at different residence times in the reburning zone.



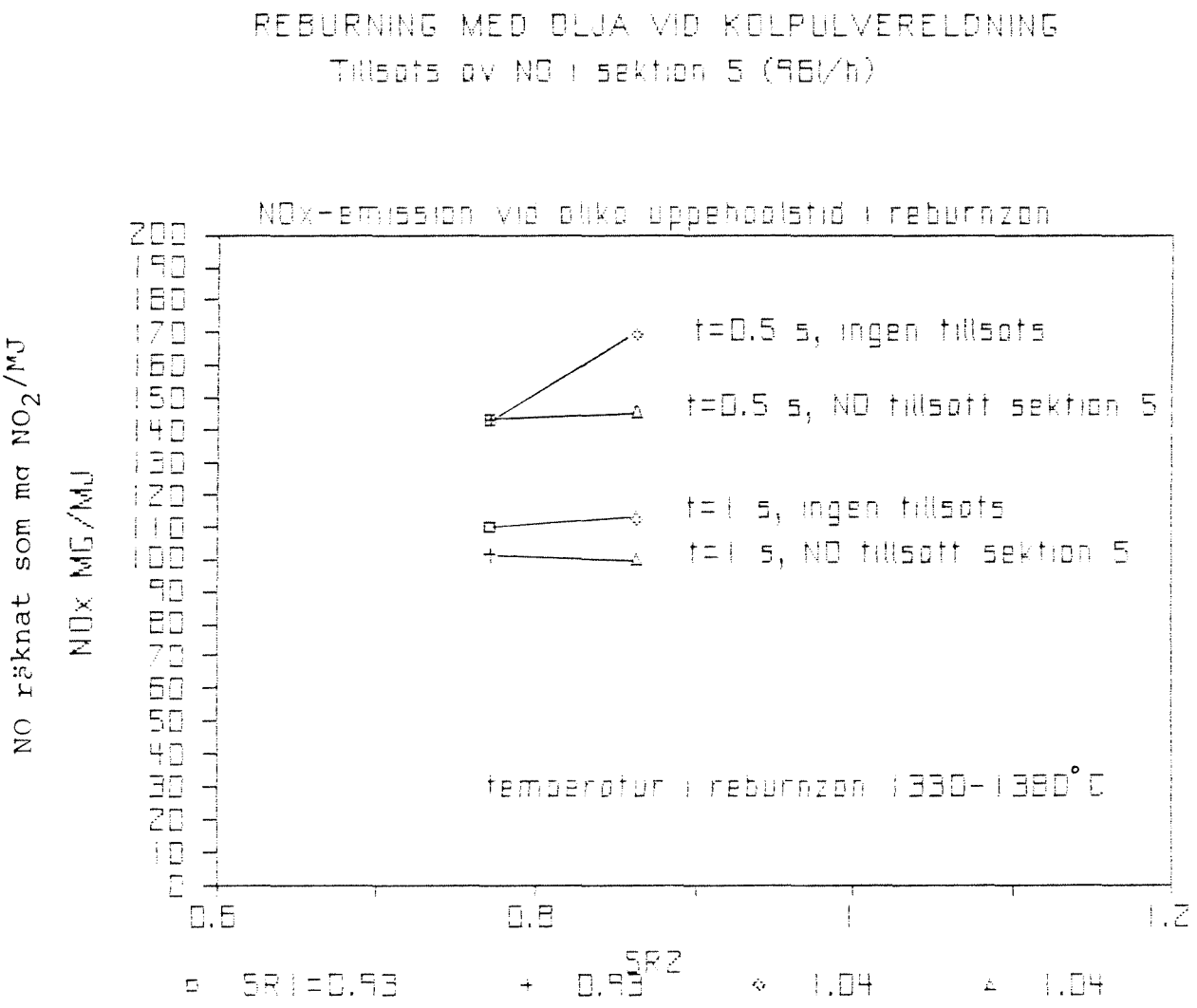
Figurbilaga 9

Combustion of pulverized coal and reburning with light oil. NO_x-emission at different temperatures and residence times in the reburning zone.



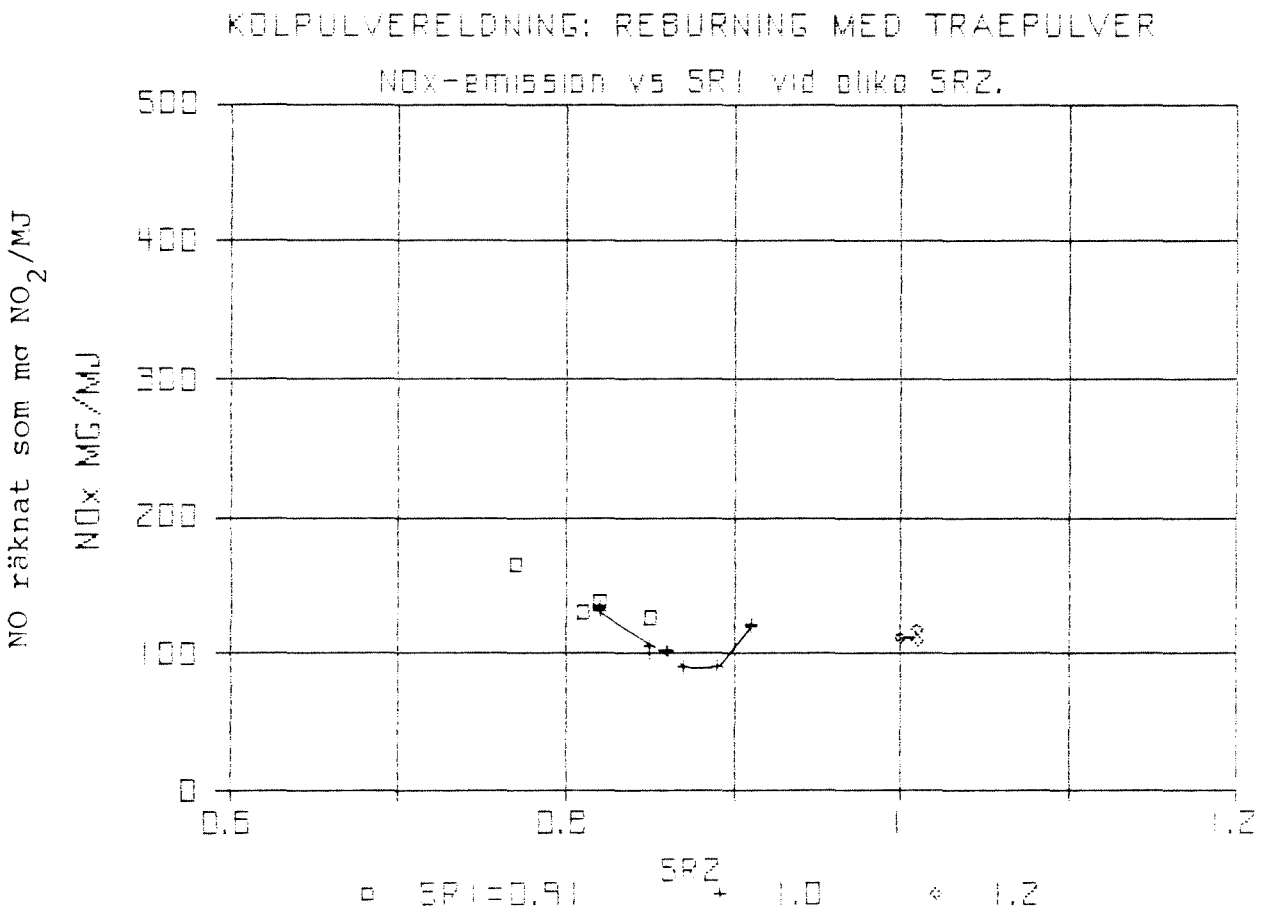
Figurbilaga 10

Combustion of pulverized coal and reburning with light oil. NO_x-emission at different residence times and temperatures in the reburning zone, with and without addition of NO to section 5.



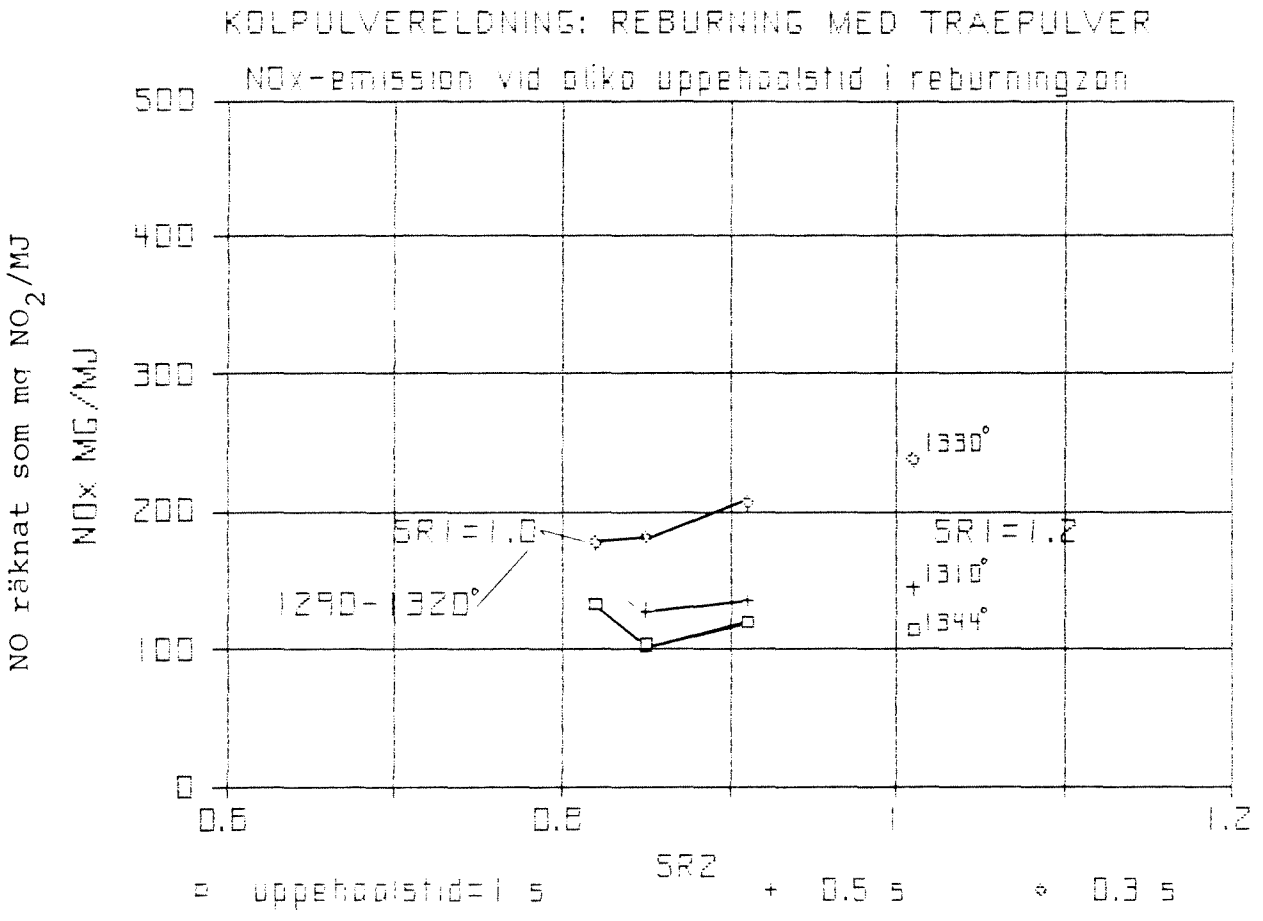
Figurbilaga 11

Combustion of pulverized coal and reburning with pulverized wood.



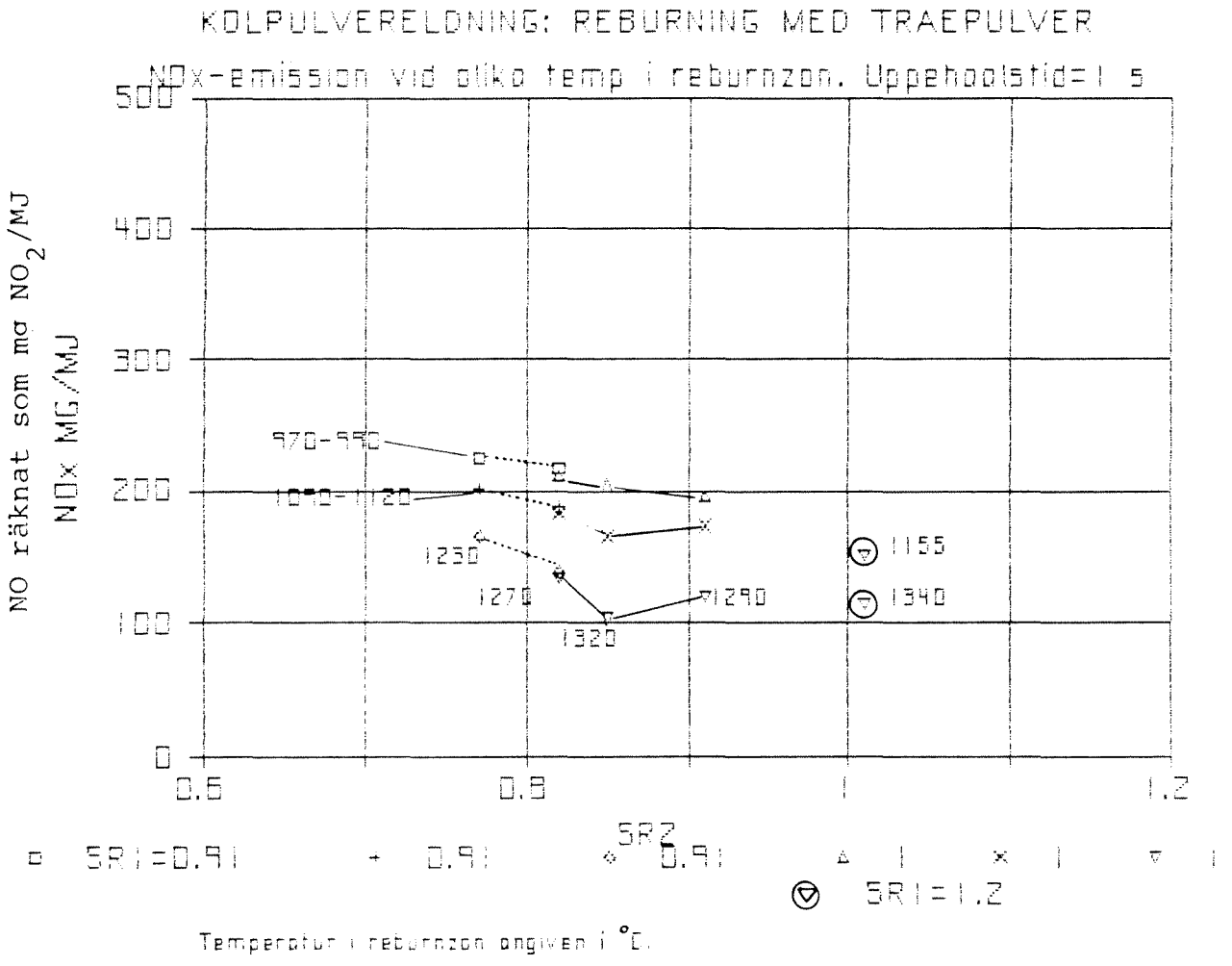
Figurbilaga 12

Combustion of pulverized coal and reburning with pulverized wood. NO_x-emission at different residence times in the reburning zone.



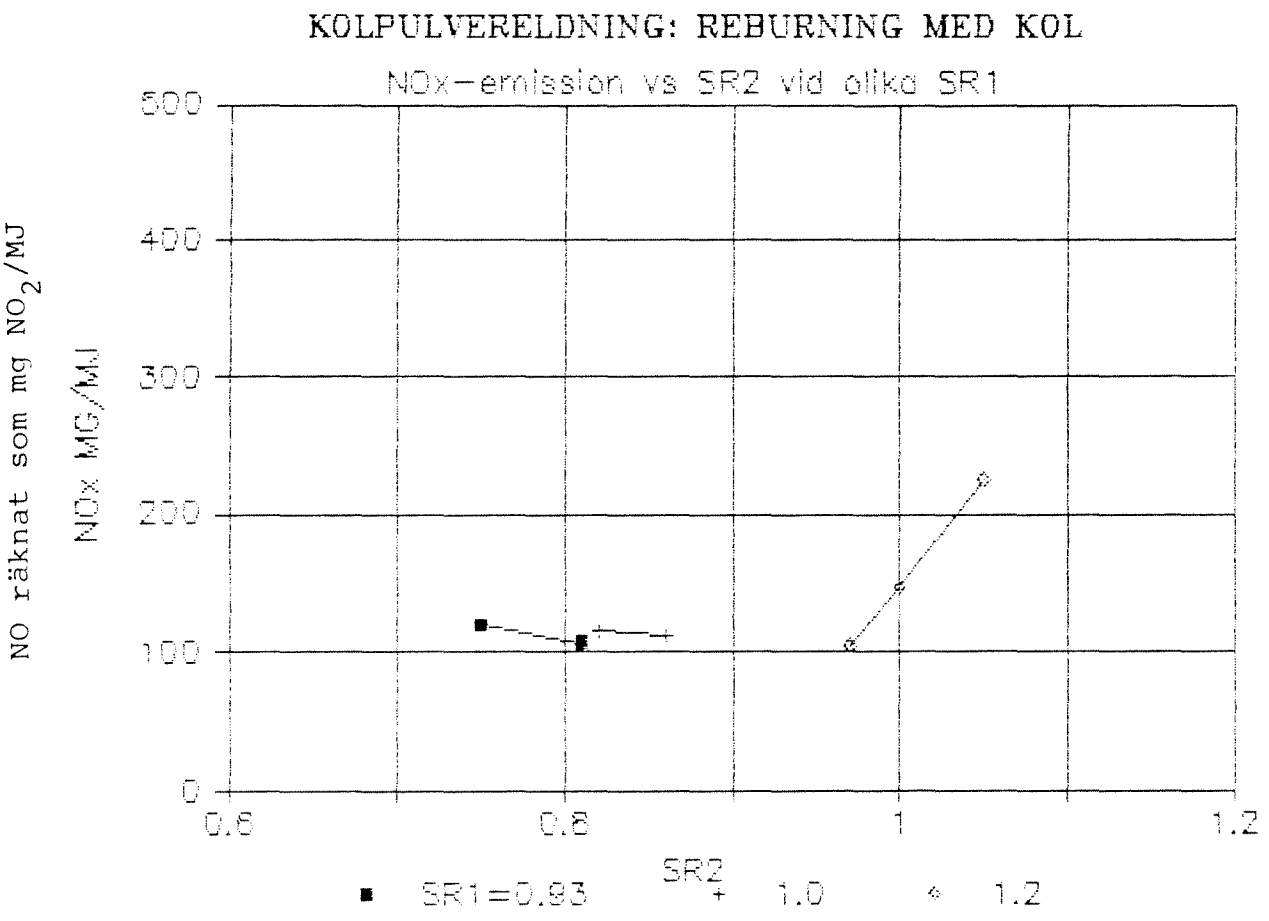
Figurbilaga 13

Combustion of pulverized coal and reburning with pulverized wood. NO_x-emission at different temperatures in the reburning zone. Residence time one second.



Figurbilaga 14

Combustion of pulverized coal and reburning with pulverized coal.



Analys av primärbränsle.
Analysis of primary coal fuel.

Provtagare – Sampling performed by

☐ Studsvik ☐ SKAB ☐ Uppdragsgivaren – Principal ☐ Annan – Other:

KOLANALYS – COAL ANALYSIS

KVALITETSANALYS – QUALITY ANALYSIS			Analyserat As determined	Leveranstillstånd As received	Torrt Dry weight basis	Torrt o askfritt Dry and ash-free weight basis
Ytfukt – Air dry loss	ISO 1988	%	3.8			
Bunden fukt – Fixed moisture	ISO 589 Method B	%	1.0	1.0		
Total fukt – Total moisture		%		4.8		
Askhalt – Ash	ISO 1171	%	7.6	7.3	7.7	
Flykthalt – Volatile matter	ISO 562	%	32.3	31.1	32.6	35.3
Bundet kol – Fixed carbon	ANSI/ASTM D 3172	%		56.9	59.7	64.7
VÄRMEVÄRDE – CALORIFIC VALUE	ISO 1928/ANSI/ASTM D 3286					
Kalorimetriskt – Gross calorific value	MJ/kg		31.97	30.76	32.29	34.98
Effektivt – Net calorific value	MJ/kg			29.69	31.29	33.89

1 MJ/kg = 238.8 Kcal/kg = 429.9 Btu/lb

ELEMENTARANALYS – ELEMENTAL ANALYSIS						
Kol Carbon	Carlo-Erba	%	78.0	75.0	78.8	85.3
Väte Hydrogen	Carlo-Erba	%	4.7 A)	4.9 A)	4.6	5.0
Kväve Nitrogen	Carlo-Erba	%	1.4	1.3	1.4	1.5
Syre Oxygen	Beräknat – Calculated	%	7.6 B)	10.7 B)	6.8	7.3
Svavel Sulphur	Leco	%	0.70	0.67	0.71	
Klor Chlorine	Provberedning ISO 587, Analys XRF By XRF analysis	%				

A) inkl vätet i fukten – includes hydrogen in the moisture B) inkl syret i fukten – includes oxygen in the moisture

Bilagor – Supplements

☐ A ☐ B ☐ Anmärkningar – Notations

BL 3276

Datum – Date: 1986-01-30

Underskrift – Signature: Birit Jonsson

Ett företag i Studsviks gruppen · A company in the Studsvik Group

Postadress · Postal address: MKS Miljökonsulterna i Studsvik AB, S-611 82 NYKÖPING, SWEDEN

Telefon · Phone: 21000, Nat 0155-~~600 00~~, Int +46155 ~~600 00~~

Telex: 64013 studs s

Telefax: Nat 0155-630 44, Int +46155 630 44

Bankgiro · Banking account: 434-9544

Postgiro · Postal account: 37 77 99-2

MILJÖKONSULTERNA

Miljökonsulterna i Studsvik AB

Tabellbilaga 2

Analys av kolreburning bränsle.
Analysis of the coal reburning fuel.

ANALYSBESKED FÖR KOL – COAL ANALYSIS

Loggnr – Log No: 88-188

Uppdragsgivare – Principal	Provbeteckning – Sample mark
EPC L RUDLING	FINMALT KOLPULVER REBURNING 880;
Ursprung – Origin	

PROVTAGNING – SAMPLING

Plats – Sampling place	Datum – Date	Vikt – Weight

Provtagare – Sampling performed by

☐ Studsvik ☐ SKAB ☐ Uppdragsgivaren – Principal ☐ Annan – Other:

KOLANALYS – COAL ANALYSIS

KVALITETSANALYS – QUALITY ANALYSIS			Analyserat As determined	Leveranstillstånd As received	Torrt Dry weight basis	Torrt o askfritt Dry and ash-free weight basis
Ytfukt – Air dry loss	ISO 1988	%				
Bunden fukt – Fixed moisture	ISO 589 Method B	%	1.5	1.5		
Total fukt – Total moisture		%		1.5		
Askhalt – Ash	ISO 1171	%	8.8	8.8	8.9	
Flykthalt – Volatile matter	ISO 562	%				
Bundet kol – Fixed carbon	ANSI/ASTM D 3172	%				
VÄRMEVÄRDE – CALORIFIC VALUE	ISO 1928/ANSI/ASTM D 3286					
Kalorimetriskt – Gross calorific value	MJ/kg		31.31	31.31	31.79	34.91
Effektivt – Net calorific value	MJ/kg	konst volym		30.38	30.88	33.91
1 MJ/kg = 238.8 Kcal/kg = 429.9 Btu/lb		Do konst tryck		30.95		

ELEMENTARANALYS – ELEMENTAL ANALYSIS						
Kol Carbon	Carlo-Erba	%	76.9	76.9	78.1	85.7
Väte Hydrogen	Carlo-Erba	%	4.3 A)	4.3 A)	4.2	4.6
Kväve Nitrogen	Carlo-Erba	%	1.3	1.3	1.3	1.4
Syre Oxygen	Beräknat – Calculated	%	8.2 B)	8.2 B)	7.0	7.7
Svavel Sulphur	Leco	%	0.48	0.48	0.49	
Klor Chlorine	Provberedning ISO 587, Analys XRF By XRF analysis	%				

A) inkl vätet i fukten – includes hydrogen in the moisture B) inkl syret i fukten – includes oxygen in the moisture

Bilagor – Supplements

☐ A ☐ B ☐ Anmärkningar – Notations

Datum – Date	Underskrift – Signature
1988-03-29	Bengt Björnen

BL 3276

Postadress - Postal address: Miljokonsulterna i Studsvik AB, S-611 82 NYKOPING, SWEDEN
Telefon - Phone: Nat 0155-210 00, Int +46155 210 00
Telex: 50995 Energi S
Telefax: Nat 0155-630 64, Int +46155 630 64
Bankgiro - Banking account: 434-9544
Postgiro - Postal account: 37 77 99 - 2

Analysis of the wood reburning fuel. Tabellbilaga 3

MILJÖKONSULTERNA

ANALYSBESKED

Miljökonsulterna i Studsvik AB

Kund	Loggnr
EPC L RUDLING	88-188

Provbeteckning/Provdata: TRÄPULVER REBURNING 880208

Anm: Fukthalt i använt reburningbränsle 6.5 %

BIOBRANSLE

KVALITETSANALYS			LEVERANSTILLSTAND	TORRT
TOTAL FUKTHALT	SS 187170	%		
ASKHALT	SS 187171	%	2.3	2.3
FLYKTHALT	ISO 562	%		
VÄRMEVÄRDE	SS 187172			
KALORIMETRISKT		MJ/KG	20.0	20.0
EFFEKTIVT		MJ/KG	18.8	18.8

ELEMENTARANALYS				
KOL	Carlo-Erba	%	49.9	49.9
VÄTE	Carlo-Erba	%	5.2 #	5.2
KVÄVE	Carlo-Erba	%	0.3	0.3
SYRE	Beräknat	%	42.1 #	42.1
SVAVEL	Leco	%	0.10	0.10
KLOR	ISO 587-XRF	%		

inkl. halt i fukt

BL 3272

Datum 1988-03-29 Underskrift Bengt Björner

Postadress - Postal address: Miljökonsulterna i Studsvik AB, S-611 82 NYKÖPING, SWEDEN
Telefon - Phone: Nat 0155-210 00, Int +46155 210 00
Telex: 50995 Energi S
Telefax: Nat 0155-630 64, Int + 46155 630 64
Bankgiro - Banking account: 434-9544
Postgiro - Postal account: 37 77 99 - 2

Förbränningsdata och kornstorleksfördelning för använda bränslen.
Combustion data for the different fuels used.

	Bränsle			
	Kolpulver	Lättolja	Träpulver	Propan-gasol
Kvävehalt vikt % N	1.3	0.2	0.28	-
Teoretiskt luftbehov nm^3tg/kg bränsle L_o	7.6	10.9	4.2	11.7
Teoretisk rökgasmängd nm^3tg/kg bränsle G_o	7.4	10.2	4.2	10.75
Kg C/kg bränsle	0.75	0.835	0.47	0.82
Effektivt värmevärde MJ/kg bränsle	31.4	41.6	17.4	46.3

Kornstorlek	Kolpulver primbränsle	Kolpulver reburningbränsle	Träpulver
1000 µ	% som passerar sikt		
			100 %
850			99.9
600			96.9
525	99.9		
425			80.7
300			50.6
250	99.6		
150	97.7		24.7
100		99.9	

Analys av askhalt i flygaska.
Analysis of the amount of ash in the flyash.

Stoftproven uttagna efter konvektionsdelen

Reburningbränsle	SR1	SR2	SR3	Flygaska Askhalt %
Gasol	1.0	0.8	1.25	94
Olja	1.0	0.8	1.3	93
Träpulver	1.0	0.85	1.35	94
Kolpulver	1.0	0.85	1.3	75

KOLPULVERELDNING 10.5 KG/H. REBURNING WITH PROPANE

REBURNING MED PROPAN.

SCAN NR	NO ppm luftf=1	NOx MG/MJ	SR1	SR2	SR3	uppehtid rebzon s	kylning i rebzon
12	377	182	0.92	0.805	1.43	0.5	0
2	410	198	1.01	0.882	1.23	0.5	0
48	276	133	1.01	0.803	1.38	0.5	0
9	420	202	1.17	0.908	1.34	0.5	0
6	577	278	1.17	0.986	1.25	0.5	0
5	609	294	1.17	0.986	1.25	0.5	0
23	231	111	0.871	0.732	1.17	1	0
27	240	116	0.871	0.790	1.15	1	0
21	268	129	0.871	0.674	1.14	1	0
24	225	108	0.871	0.732	1.17	1	0
20	290	140	0.871	0.631	1.16	1	0
17	244	118	0.929	0.805	1.29	1	0
12	177	85	0.948	0.734	1.17	1	0
14	212	102	0.948	0.687	1.18	1	0
9	442	214	0.948	0.860	1.15	1	0
7	199	96	0.948	0.797	1.13	1	0
11	177	85	0.948	0.734	1.17	1	0
36	252	122	1.018	0.882	1.23	1	0
44	232	112	1.018	0.803	1.38	1	0
42	188	90	1.018	0.803	1.38	1	0
43	183	88	1.018	0.803	1.38	1	0
41	499	241	1.018	0.882	1.23	1	0
1	274	132	1.14	0.920	1.08	1	0
3	284	137	1.14	0.920	1.08	1	0
38	518	250	1.14	0.965	1.13	1	0
30	159	77	1.14	0.775	1.07	1	0
6	240	116	1.14	0.889	1.10	1	0
12	252	121	1.14	0.889	1.10	1	0
14	170	82	1.14	0.832	1.097	1	0
11	312	150	1.17	0.908	1.22	1	0
15	504	243	1.17	0.908	1.22	1	0
19	504	243	1.17	0.986	1.25	1	0

KOLPULVERELDNING 10.5 KG/H. REBURNING WITH PROPANE
REBURNING MED PROPAN.

SCAN NR	NO ppm luftf=1	NOx MG/MJ	SR1	SR2	SR3	uppehtid rebzons	kylning i rebzon
37	354	170	0.871	0.674	1.14	1	SEKTION 6
34	313	151	0.871	0.732	1.17	1	SEKTION 6
32	332	160	0.871	0.790	1.15	1	SEKTION 6
40	382	184	0.871	0.631	1.16	1	SEKTION 6
31	244	118	1.018	0.806	1.28	1	SEKTION 6
26	304	147	1.018	0.882	1.16	1	SEKTION 6
32	251	121	1.018	0.806	1.28	1	SEK 6+9
38	325	157	1.018	0.882	1.23	1	SEK 6+9

SCAN NR	sbraensletransport propan kg/h	luft nm3/h	prim luft nm3/h	sek- luft nm3/h	gastemp sek 3 C	vaeggtemp sek 6 C	gastemp sek 6 C
12	1.05	12.05	62.3	58.5	1465	1457	1444
2	1.05	12.05	69.42	32.5	1482	1445	1431
48	1.83	12.05	69.42	58.5	1483	1431	1419
9	2	12.05	81.88	45.5	1474	1482	1468
6	1.3	12.05	81.88	26	1475	1477	1460
5	1.3	12.05	81.88	26	1476	1466	1450
23	1.3	12.05	57.85	42.25	1471	1359	1360
27	0.7	12.05	57.85	32.5	1470	1376	1376
21	2	12.05	57.85	48.75	1471	1347	1340
24	1.3	12.05	57.85	42.25	1474	1362	1362
20	2.6	12.05	57.85	58.5	1463	1340	1327
17	1.05	12.05	62.3	45.5	1467	1443	1433
12	2	12.05	64.08	45.5	1462	1405	1397
14	2.6	12.05	64.08	55.25	1465	1390	1380
9	0.7	12.05	64.08	26	1461	1423	1428
7	1.3	12.05	64.08	32.5	1459	1417	1421
11	2	12.05	64.08	45.5	1462	1411	1408
36	1.05	12.05	69.42	32.5	1464	1438	1427
44	1.83	12.05	69.42	58.5	1475	1429	1417
42	1.83	12.05	69.42	58.5	1475	1425	1416
43	1.83	12.05	69.42	58.5	1476	1427	1418
41	1.05	12.05	69.42	32.5	1469	1446	1436
1	1.7	12.05	80.1	16.25	1434	1369	1379
3	1.7	12.05	80.1	16.25	1435	1378	1390
38	1.3	12.05	80.1	16.25	1420	1353	1375
30	3.3	12.05	80.1	35.75	1437	1446	1451
6	2	12.05	80.1	22.75	1438	1392	1404
12	2	12.05	80.1	22.75	1440	1403	1412
14	2.6	12.05	80.1	29.25	1439	1403	1410
11	2	12.05	81.88	32.5	1443	1462	1448
15	2	12.05	81.88	32.5	1448	1475	1463
19	1.3	12.05	81.88	26	1449	1486	1474

SCAN NR	sbraensletransport propan	luft	prim luft	sek-luft	gastemp sek 3	vaeggtemp sek 6	gastemp sek 6
	kg/h	nm3/h	nm3/h	nm3/h	C	C	C
37	2	12.05	57.85	48.75	1472	1244	1236
34	1.3	12.05	57.85	42.25	1473	1257	1255
32	0.7	12.05	57.85	32.5	1479	1263	1253
40	2.6	12.05	57.85	58.5	1471	1227	1212
31	1.8	12.05	69.42	58.5	1468	1302	1282
26	1.05	12.05	69.42	26	1467	1314	1289
32	1.8	12.05	69.42	48.75	1470	1295	1266
38	1.05	12.05	69.42	32.5	1466	1287	1263

SCAN NR	vaeggtempGASANALYS sek 7 C	CO2 %	CO ppm	NO ppm	
12	1399	9.97	50	210	
2	1393	12.3	51	282	
48	1387	11.2	63	177	
9	1428	11.1	53	269	
6	1417	12.0	43	391	
5	1407	11.7	46	402	
23	1332	11.8	93	153	
27	1353	11.2	54	149	
21	1320	11.4	138	176	
24	1335	11.4	72	144	
20	1314	11.5	161	194	
17	1392	10.8	50	147	
12	1379	11.5	64	117	
14	1363	11.0	138	136	
9	1415	12.0	103	293	
7	1399	13.5	56	150	
11	1388	11.1	72	113	
36	1396	13.1	62	184	
44	1382	11.0	3441	146	analys i sektion 10
42	1385	11.5	119	123	
43	1384	11.0	107	115	
41	1402	13.5	3440	376	analys i sektion 10
1	1404	13.1	58	204	
3	1419	13.2	52	212	
38	1379	12.2	49	356	
30	1472	13.0	202	121	
6	1432	11.9	103	164	
12	1442	10.8	114	156	
14	1442	10.3	117	102	
11	1443	13.0	79	231	
15	1452	11.4	3441	331	analys i sektion 10
19	1455	12.4	60	351	

SCAN NR vaeggtempGASANALYS

	sek 7			
	C	CO2 %	CO ppm	NO ppm
37	1210	10.9	90	221
34	1225	10.8	98	191
32	1234	10.4	50	192
40	1192	11.4	97	253
31	1291	10.6	68	139
26	1300	12.2	60	207
32	1273	10.7	73	153
38	1256	10.9	84	198

REBURNING MED OLJA. REBURNING WITH OIL.

SCAN NR	NO ppm luftf=1	NOx MG/MJ	SR1	SR2	SR3	uppehtid rebzon s	kylning i rebzon
45	275	133	0.818	0.737	1.17	0.5	0
47	267	130	0.818	0.737	1.21	0.5	0
43	336	163	0.929	0.837	1.13	0.5	0
40	307	149	0.929	0.771	1.31	0.5	0
32	279	135	0.929	0.771	1.31	0.5	0
42	356	173	0.929	0.837	1.13	0.5	0
22	343	167	1.04	0.863	1.40	0.5	0
30	352	171	1.04	0.863	1.40	0.5	0
12	207	101	0.837	0.695	1.23	0.7	0
9	223	108	0.837	0.695	1.23	0.7	0
8	217	106	0.924	0.767	1.17	0.7	0
7	220	107	0.924	0.767	1.17	0.7	0
30	465	226	1.14	0.954	1.35	0.7	0
1	487	237	1.14	0.954	1.35	0.7	0
7	234	113	0.837	0.755	1.19	1	0
6	250	121	0.882	0.795	1.23	1	0
24	208	101	0.882	0.732	1.20	1	0
36	227	110	0.924	0.767	1.13	1	0
37	201	98	0.924	0.767	1.13	1	0
33	226	110	0.924	0.833	1.09	1	0
13	227	110	0.929	0.771	1.31	1	0
17	233	113	0.929	0.771	1.31	1	0
21	249	121	0.970	0.806	1.21	1	0
22	237	115	0.970	0.806	1.21	1	0
12	410	199	0.970	0.920	1.30	1	0
3	291	141	0.970	0.875	1.24	1	0
7	229	111	1.04	0.863	1.40	1	0
6	231	112	1.04	0.863	1.26	1	0
16	285	139	1.05	0.880	1.28	1	0
17	299	145	1.05	0.880	1.28	1	0
49	495	240	1.06	0.957	1.25	1	0
47	494	240	1.06	0.957	1.25	1	0
20	466	227	1.14	0.954	1.35	1	0

REBURNING MED OLJA. REBURNING WITH OIL.

SCAN NR	NO ppm luftf=1	NOx MG/MJ	SR1	SR2	SR3	uppehtid rebzon s	kylning i rebzon
18	380	185	1.14	0.954	1.35	1	0
16	649	316	1.26	1.04	1.25	1	0
24	404	197	1.26	0.941	1.24	1	0
15	606	295	1.26	1.04	1.25	1	0
3	303	147	0.818	0.737	1.21	0.5	sektion 6
2	288	140	0.818	0.737	1.21	0.5	sektion 6
27	315	153	0.929	0.771	1.31	0.5	sektion 6
23	321	156	0.929	0.771	1.31	0.5	sektion 6
30	364	177	1.04	0.863	1.40	0.5	sektion 6
29	376	183	1.04	0.863	1.40	0.5	sektion 6
42	304	148	0.929	0.771	1.31	1	sektion 6
43	303	148	0.929	0.771	1.31	1	sektion 6
39	284	138	1.04	0.863	1.26	1	sektion 6
38	282	137	1.04	0.863	1.26	1	sektion 6
47	305	148	0.929	0.771	1.31	1	sek 6+9
48	291	142	0.929	0.771	1.31	1	sek 6+9
1	291	142	0.928	0.771	1.31	1	sek6+9

REBURNING MED OLJA. REBURNING WITH OIL AND ADDITION OF NO

Tillförsel av NO i sektion 5. (95.6 l/h)

SCAN NR	NO ppm luftf=1	NOx MG/MJ	SR1	SR2	SR3	uppehtid rebzon s	kylning i rebzon
37	290	141	0.929	0.771	1.31	0.5	0
39	295	144	0.929	0.771	1.31	0.5	0
28	298	145	1.04	0.863	1.40	0.5	0
14	206	100	0.929	0.771	1.31	1	0
11	205	99	1.04	0.863	1.40	1	0
12	399	194	0.818	0.737	1.21	0.5	sektion 6
13	409	198	0.818	0.737	1.21	0.5	sektion 6
26	396	193	0.929	0.771	1.31	0.5	sektion 6
25	401	195	0.929	0.771	1.31	0.5	sektion 6
31	404	197	1.04	0.863	1.40	0.5	sektion 6
33	396	193	1.04	0.863	1.40	0.5	sektion 6
2	342	166	0.928	0.771	1.31	1	sek 6+9

SCAN NR	sbraensletransport olja kg/h	luft nm3/h	prim luft nm3/h	sek-luft nm3/h	gastemp sek 3 C	vaeggtemp sek 6 C	gastemp sek 6 C
45	0.8	12.05	53.4	39	1437	1346	1334
47	0.8	12.05	53.4	42.25	1437	1338	1326
43	0.8	12.05	62.3	26	1444	1367	1358
40	1.5	12.05	62.3	52	1444	1364	1356
32	1.5	12.05	62.3	52	1436	1368	1357
42	0.8	12.05	62.3	26	1442	1367	1358
22	1.5	12.05	71.2	52	1424	1385	1376
30	1.5	12.05	71.2	52	1432	1389	1381
12	1.5	12	55	52	1487	1365	1355
9	1.5	12	55	52	1487	1399	1389
8	1.5	12	62	39	1496	1420	1411
7	1.5	12	62	39	1494	1422	1413
30	1.5	12.05	80.1	39	1500	1444	1445
1	1.5	12	80	39	1501	1469	1465
7	0.6	12.05	55.16	39	1479	1376	1364
6	0.8	12.05	58.74	39	1482	1398	1388
24	1.5	12.05	58.74	45.5	1486	1361	1346
36	1.5	12.05	61.944	35.75	1395	1293	1294
37	1.5	12.05	61.944	35.75	1400	1288	1284
33	0.8	12.05	61.944	22.75	1396	1267	1268
13	1.5	12.05	62.3	52	1413	1344	1333
17	1.5	12.05	62.3	52	1421	1333	1322
21	1.5	12.05	65.86	39	1496	1409	1403
22	1.5	12.05	65.86	39	1496	1403	1396
12	0.4	12.05	65.86	32.5	1496	1347	1350
3	0.8	12.05	65.86	32.5	1482	1426	1423
7	1.5	12.05	71.2	52	1411	1332	1323
6	1.5	12.05	71.2	39	1409	1322	1312
16	1.5	12.05	72.9	39	1511	1387	1388
17	1.5	12.05	72.9	39	1502	1392	1394
49	0.8	12	73	26	1483	1442	1443
47	0.8	12	73	26	1483	1436	1441
20	1.5	12.05	80.1	39	1501	1425	1431

SCAN NR	sbraensletransport olja	prim luft	luft	sek- luft	gastemp sek 3	vaeggtemp sek 6	gastemp sek 6
	kg/h	nm3/h	nm3/h	nm3/h	C	C	C
18	1.5	12.05	80.1	39	1504	1410	1415
16	1.5	12.05	89	19.5	1320	1229	1237
24	2.5	12.05	89	32.5	1334	1310	1317
15	1.5	12.05	89	19.5	1323	1227	1236
3	0.8	12.05	53.4	42.25	1443	1212	1192
2	0.8	12.05	53.4	42.25	1443	1216	1195
27	1.5	12.05	62.3	52	1469	1233	1218
23	1.5	12.05	62.3	52	1466	1229	1213
30	1.5	12.05	71.2	52	1470	1258	1244
29	1.5	12.05	71.2	52	1471	1257	1243
42	1.5	12.05	62.3	52	1460	1236	1214
43	1.5	12.05	62.3	52	1461	1233	1212
39	1.5	12.05	71.2	39	1465	1262	1242
38	1.5	12.05	71.2	39	1462	1263	1241
47	1.5	12.05	62.3	52	1461	1234	1217
48	1.5	12.05	62.3	52	1460	1237	1220
1	1.5	12	62.3	52	1459	1244	1226

Tillförsel av NO i sektion 5, (95,6 l/h).

SCAN NR	sbraensletransport olja	luft	prim luft	sek-luft	gastemp sek 3	vaeggtemp sek 6	gastemp sek 6
	kg/h	nm3/h	nm3/h	nm3/h	C	C	C
37	1.5	12.05	62.3	52	1442	1361	1352
39	1.5	12.05	62.3	52	1443	1362	1353
28	1.5	12.05	71.2	52	1434	1387	1378
14	1.5	12.05	62.3	52	1417	1340	1329
11	1.5	12.05	71.2	52	1418	1352	1343
12	0.8	12.05	53.4	42.25	1443	1212	1194
13	0.8	12.05	53.4	42.25	1442	1210	1192
26	1.5	12.05	62.3	52	1463	1231	1215
25	1.5	12.05	62.3	52	1463	1231	1215
31	1.5	12.05	71.2	52	1471	1266	1251
33	1.5	12.05	71.2	52	1470	1267	1252
2	1.5	12	62.3	52	1457	1251	1232

SCAN NR vaeggtempGASANALYS

vek 7

	C	CO2 %	CO ppm	NO ppm
45	1326	13.9	60	209
47	1323	14.1	45	207
43	1337	15.0	44	277
40	1340	13.1	61	223
32	1343	13.5	67	210
42	1336	14.6	44	286
22	1344	12.1	109	232
30	1351	12.1	83	237
12	1364	13.1	49	151
9	1392	12.7	46	158
8	1404	13.9	46	168
7	1405	13.7	46	168
30	1434	12.1	55	316
1	1449	12.2	53	331
7	1338	13.3	62	171
6	1362	13.3	59	183
24	1326	14.4	96	167
36	1281	7.85	47	100
37	1271	8.20	41	92
33	1249	8.86	43	110
13	1307	12.1	118	154
17	1294	12.6	110	165
21	1381	12.7	94	176
22	1373	12.7	99	168
12	1318	12.4	74	278
3	1395	13.8	66	220
7	1290	11.9	114	152
6	1278	13.0	107	168
16	1359	13.2	73	210
17	1366	12.9	78	215
49	1416	13.1	61	356
47	1412	13.1	64	355
20	1405	11.8	97	307

SCAN NR vaeggtempGASANALYS

sek 7

	C	CO2 %	CO ppm	NO ppm
18	1388	12.6	93.2	267
16	1219	7.94	33.5	289
24	1323	7.67	51.6	177
15	1218	8.15	31.8	277
3	1237	13.3	44.9	222
2	1241	13.8	45.2	219
27	1244	12.4	52.1	219
23	1239	12.1	51.6	217
30	1258	12.0	60.8	244
29	1257	11.8	61.8	247
42	1230	12.6	76.1	215
43	1226	12.8	78.3	216
39	1259	13.3	66.6	210
38	1259	13.2	66.5	207
47	1214	10.5	68.3	180
48	1216	10.9	58.3	177
1	1223	10.3	58	168

Tillsats av NO i sektion 5, (95.6 l/h)

SCAN NR	vaggtemp sek 7 C	GASANALYS CO2 %	CO ppm	NO ppm
37	1337	12.9	58	210
39	1338	13.0	62	214
28	1348	12.3	85	206
14	1302	11.7	114	135
11	1311	12.3	129	141
12	1234	13.0	44	286
13	1233	12.8	45	287
26	1242	12.8	49	282
25	1241	12.1	53	271
31	1263	11.6	62	263
33	1264	11.8	59	261
2	1228	10.3	56	197

KOLPULVERELDNING 10.5 KG/H.

REBURNING MED TRAEPULVER. REBURNING WIH PULVERIZED WOOD.

SCAN NR	NO ppm luftf-1	NOx MG/MJ	SR1	SR2	SR3	uppehtid rebzon s	kylning i rebzon	
23	365	176	1.00	0.823	1.35	0.3	0	
21	376	182	1.00	0.853	1.36	0.3	0	
25	428	207	1.00	0.909	1.34	0.3	0	
26	423	204	1.00	0.909	1.34	0.3	0	
18	490	237	1.19	1.01	1.35	0.3	0	
46	263	127	1.00	0.853	1.36	0.5	0	
9	278	134	1.00	0.909	1.34	0.5	0	
41	296	143	1.19	1.012	1.35	0.5	0	
33	267	129	0.898	0.809	1.39	1	0	
38	339	164	0.909	0.768	1.42	1	0	
34	284	137	0.909	0.819	1.36	1	0	
32	259	125	0.943	0.849	1.43	1	0	
28	279	135	1.00	0.823	1.38	1	0	
27	271	131	1.00	0.823	1.38	1	0	
33	219	106	1.00	0.853	1.36	1	0	
34	209	101	1.00	0.853	1.36	1	0	
31	246	119	1.00	0.909	1.34	1	0	
24	210	102	1.02	0.862	1.34	1	0	
23	185	89	1.03	0.871	1.35	1	0	
22	188	91	1.05	0.890	1.37	1	0	
21	230	111	1.19	1.00	1.34	1	0	
42	227	110	1.19	1.012	1.35	1	0	
39	243	117	1.19	1.012	1.35	1	0	
25	414	200	0.909	0.768	1.38	1	SEKTION 6	
28	387	187	0.909	0.819	1.36	1	SEKTION 6	
14	376	182	1.00	0.823	1.35	1	SEKTION 6	
10	340	164	1.00	0.853	1.36	1	SEKTION 6	
16	359	173	1.00	0.909	1.34	1	SEKTION 6	
17	354	171	1.00	0.909	1.34	1	SEKTION 6	
32	307	149	1.19	1.01	1.35	1	SEKTION 6	
31	316	153	1.19	1.01	1.35	1	SEKTION 6	

KOLPULVERELDNING 10.5 KG/H.

REBURNING MED TRAEPULVER. REBURNING WIH PULVERIZED WOOD.

SCAN NR	NO ppm luftf=1	NOx MG/MJ	SR1	SR2	SR3	uppehtid rebzon s	kylning i rebzon
17	459	222	0.909	0.768	1.38	1	SEK 6+6
18	469	227	0.909	0.768	1.38	1	SEK 6+6
10	433	209	1.00	0.823	1.35	1	SEK 6+6
8	420	203	1.00	0.853	1.36	1	SEK 6+6
13	403	195	1.00	0.909	1.34	1	SEK 6+6
	Tillsats av NO i sektion 5 (95.6 l/h).						
41	368	178	1.00	0.853	1.36	1	0
42	358	173	1.00	0.853	1.36	1	0
44	356	172	1.00	0.853	1.36	1	0
43	355	171	1.00	0.853	1.36	1	0
22	527	255	1.00	0.853	1.36	1	SEKTION 6
20	548	265	1.00	0.853	1.36	1	SEKTION 6
19	540	261	1.00	0.853	1.36	1	SEKTION 6
26	603	292	1.00	0.853	1.36	1	SEK 6+6

SCAN NR	sbraensle traepulv kg/h	transport luft nm3/h	transport kvaeve nm3/h	prim luft nm3/h	sek- luft nm3/h	gastemp sek 3 C	vaeggtemp sek 6 C
23	4.3	14.942	5	65.86	52	1457	1351
21	3.5	14.942	5	65.86	48.75	1457	1354
25	2.1	14.942	5	65.86	39	1460	1358
26	2.1	14.942	5	65.86	39	1460	1357
18	3.5	14.942	5	80.99	32.5	1460	1368
46	3.5	14.942	5	65.86	48.75	1461	1329
9	2.1	14.942	5	65.86	39	1463	1329
41	3.5	14.942	5	80.99	32.5	1469	1346
33	2.1	14.942	5	56.96	52	1449	1307
38	3.5	14.942	5	57.85	61.75	1441	1256
34	2.1	14.942	5	57.85	48.75	1445	1299
32	2.1	14.942	5	60.52	52	1456	1315
28	4.3	14.942	5	65.86	55.25	1459	1321
27	4.3	14.942	5	65.86	55.25	1457	1323
33	3.5	14.942	5	65.86	48.75	1456	1358
34	3.5	14.942	5	65.86	48.75	1458	1355
31	2.1	14.942	5	65.86	39	1466	1323
24	3.5	14.942	5	66.75	45.5	1455	1358
23	3.5	14.942	5	67.64	45.5	1455	1371
22	3.5	14.942	5	69.42	45.5	1459	1380
21	3.7	14.942	5	80.99	32.5	1463	1396
42	3.5	14.942	5	80.99	32.5	1467	1383
39	3.5	14.942	5	80.99	32.5	1463	1384
25	3.5	14.942	5	57.85	58.5	1428	1123
28	2.1	14.942	5	57.85	48.75	1430	1113
14	4.3	14.942	5	65.86	52	1413	1134
10	3.5	14.942	5	65.86	48.75	1400	1144
16	2.1	14.942	5	65.86	39	1420	1138
17	2.1	14.942	5	65.86	39	1419	1138
32	3.5	14.942	5	80.99	32.5	1458	1195
31	3.5	14.942	5	80.99	32.5	1459	1189

SCAN NR	sbraensle traepulv kg/h	transport luft nm3/h	transport kvaeve nm3/h	prim luft nm3/h	sek- luft nm3/h	gastemp sek 3 C	vaeggtemp sek 6 C
17	3.5	14.942	5	57.85	58.5	1413	1000
18	3.5	14.942	5	57.85	58.5	1413	1002
10	4.3	14.942	5	65.86	52	1411	1016
8	3.5	14.942	5	65.86	48.75	1406	1018
13	2.1	14.942	5	65.86	39	1417	1023

Tillsats av NO i sektion 5 (95.6 l/h).

41	3.5	14.942	5	65.86	48.75	1461	1317
42	3.5	14.942	5	65.86	48.75	1461	1315
44	3.5	14.942	5	65.86	48.75	1463	1315
43	3.5	14.942	5	65.86	48.75	1464	1315
22	3.5	14.942	5	65.86	48.75	1430	1141
20	3.5	14.942	5	65.86	48.75	1432	1140
19	3.5	14.942	5	65.86	48.75	1431	1139
26	3.5	14.942	5	65.86	48.75	1442	1030

SCAN NR	gastemp sek 6 C	vaeggtemp sek 7 C	GASANALYS CO2 %	CO ppm	NO ppm
23	1317		13.0	34	260
21	1320		12.7	27	263
25	1323		12.9	34	306
26	1323		13.0	34	306
18	1326		13.3	22	357
46	1296		13.6	41	197
9	1296		12.8	43	197
41	1308		13.6	35	221
33	1275		11.8	54	175
38	1225		12.4	65	232
34	1267		11.8	56	186
32	1280		12.1	52	174
28	1286		12.8	61	194
27	1288		12.5	60	185
33	1323		11.8	30	142
34	1320		11.8	33	135
31	1286	1268	12.6	51	172
24	1321	1314	12.4	54	143
23	1332	1325	12.2	54	123
22	1341	1334	12.5	51	129
21	1353	1344	13.1	47	165
42	1345	1327	12.8	72	160
39	1343	1325	12.9	83	173
25	1098		12.6	84	286
28	1089		12.6	84	269
14	1109		12.9	87	265
10	1118		12.5	92	234
16	1112		12.7	81	253
17	1112		12.9	80	254
32	1158		12.9	93	218
31	1153		12.8	97	223

SCAN NR	gastemp vaeggtempGASANALYS sek 6 C	sek 7 C	CO2 %	CO ppm	NO ppm
17	973		12.6	101	318
18	974		12.3	98	317
10	988		12.9	102	306
8	990		12.7	110	293
13	995		12.3	96	275
	Tillsats av NO i sektion 5 (95.6 l/h).				
41	1286		13.2	66	268
42	1284		12.9	60	254
44	1284		12.7	58	249
43	1284		12.7	58	248
22	1114		13.0	80	376
20	1113		13.0	83	390
19	1112		13.1	83	388
26	1002		13.3	116	442

Tabellbilaga 9.

KOLPULVERELDNING 10.5 KG/H.

REBURNING MED KOLPULVER REBURNING WIH PULVERIZED COAL

SCAN NR	NO ppm luftf=1	NOx MG/MJ	SR1	SR2	SR3	uppehtid rebzon s	kylning i rebzon
16	246	119	0.929	0.750	1.14	1	0
22	220	106	0.929	0.813	1.16	1	0
13	236	114	1.018	0.822	1.21	1	0
3	231	111	1.018	0.855	1.26	1	0
4	217	105	1.19	0.966	1.35	1	0
45	303	147	1.19	1.00	1.27	1	0
39	465	225	1.19	1.04	1.33	1	0

	sbraensle traepulv kg/h	transport luft nm3/h	transport kvaeve nm3/h	prim luft nm3/h	sek- luft nm3/h	gastemp sek 3 C	vaeggtemp sek 6 C
16	2.5	12.05	6	62.3	39	1431	1349
22	1.5	12.05	6	62.3	32.5	1420	1330
13	2.5	12.05	6	69.42	39	1433	1374
3	2	12.05	4	69.42	39	1473	1401
4	2.5	12.05	6	83.6	39	1514	1416
45	2	12.05	4	83.6	26	1473	1453
39	1.5	12.05	4	83.6	26	1491	1432

	gastemp sek 6 C	vaeggtempGASANALYS sek 7 C	CO2 %	CO ppm	NO ppm
16	1327	1301	12.5	113	173
22	1309	1278	14.4	123	180
13	1350	1318	12.6	105	168
3	1376	1349	12.7	136	162
4	1390	1348	13.2	144	162
45	1421	1391	12.3	82	207
39	1397	1373	11.9	89	308

Värmeforsk är ett organ för industrisamverkan inom värmeteknisk Forskning och utveckling. Stiftelsens forskningsprogram är tillämpningsinriktat och fokuseras på energi- och processindustriernas behov och problem. Bakom Värmeforsk står följande huvudmän:

- Kraftverksföreningens utvecklingsstiftelse, VAST
- Statens Vattenfallsverk
- Studsvik Energiteknik AB
- Svenska Cellulosa- och Pappersbruksföreningen/Ångpanneföreningen
- Svenska Gasföreningen
- Svenska Värmeverksföreningen
- Tillverkande Industri

Värmeforsk samarbetar med Statens Råd för Byggnadsforskning (BFR), Statens Energiverk och Styrelsen för Teknisk Utveckling.

STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING
BOX 6495 · 113 82 STOCKHOLM · TEL: 08 / 34 09 80